

Acesso a Serviços de Dados em Tecnologias de Redes Sem Fio

Luis Antonio Pazian Lemos

Trabalho Final de Mestrado Profissional

Acesso a Serviços de Dados em Tecnologias de Redes sem Fio

Luis Antonio Pazian Lemos

Julho de 2003

Banca Examinadora

- Prof. Dr. Nelson Luis Saldanha da Fonseca (Orientador)
- Prof. Dr. Omar Carvalho Branquinho (Co-orientador)
- Prof. Dr. Michel Daoud Yacoub
Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – UNICAMP
- Prof. Dr. Paulo Lício de Geus
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof. Dr. Edmundo Roberto Mauro Madeira (Suplente)
Instituto de Computação – UNICAMP

UNIDADE	<i>FE</i>
Nº CHAMADA	<i>F/UNICAMP</i>
	<i>L544a</i>
V	EX
TOMBO, BC/	<i>59771</i>
PROC.	<i>6-117-04</i>
C <input type="checkbox"/>	D <input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	<i>11,00</i>
DATA	
Nº CPD	

Bib Id 322021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP

Lemos, Luis Antonio Pazian

L544a

Acesso a serviços de dados em tecnologias de redes sem fio / Luis Antonio Pazian Lemos -- Campinas, [S.P. :s.n.], 2003.

Orientador : Nelson Luis Saldanha da Fonseca

Co-orientador: Omar Carvalho Branquinho

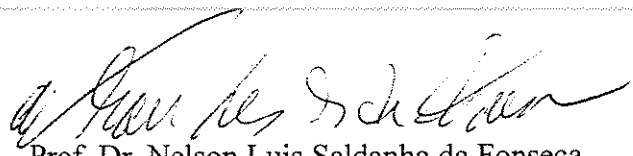
Trabalho final (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

I. Telefonia celular. 2. Redes de computadores. 3. Sistemas de comunicação móvel. I. Fonseca, Nelson Luis Saldanha da. II. Branquinho, Omar Carvalho. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. IV. Título.

Acesso a Serviços de Dados em Tecnologias de Redes sem Fio

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho Final devidamente corrigida e defendida por Luis Antonio Pazian Lemos e aprovada pela Banca Examinadora.

Campinas, 29 de janeiro de 2004

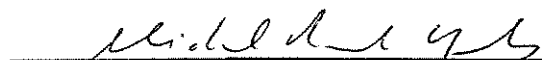


Prof. Dr. Nelson Luis Saldanha da Fonseca
(Orientador)

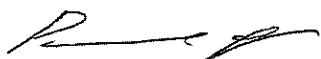
Trabalho Final apresentado ao Instituto de Computação, UNICAMP, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação na área de Engenharia de Computação.

TERMO DE APROVAÇÃO

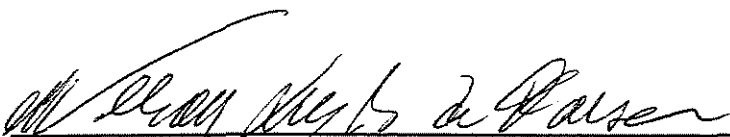
Tese defendida e aprovada em 28 de julho de 2003, pela Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores:



Prof. Dr. Michael Daoud Yacoub
FEEC - UNICAMP



Prof. Dr. Paulo Lício de Geus
IC - UNICAMP



Prof. Dr. Nelson Luis Saldanha da Fonseca
IC - UNICAMP

© Luis Antonio Pazian Lemos, 2004

Todos os direitos reservados.

Resumo

A crescente demanda por serviços de dados motivou a utilização de redes móveis para o acesso a estes serviços. A fim de proporcionar uma solução mais adequada do que as existentes nas redes celulares de segunda geração, que são baseadas em comutação por circuito, a terceira geração de telefonia celular adota comutação por pacotes aumentando, assim, a eficiência das redes de dados móveis e permitindo novas oportunidades de serviços a custos menores.

Este trabalho analisa as tecnologias de redes móveis UMTS e GPRS, que enfatizam um gerenciamento eficiente de recursos bem como provisão de Qualidade de Serviço.

Abstract

The growing demand on data services, has stimulated the access to these services via wireless networks. In order to provide an approach more efficient than circuit switching, the third generation of the cellular systems uses packet switching to improve the efficiency of the wireless data networks and to bring new opportunities of services at low costs.

This work analyzes two wireless technologies: UMTS and GPRS, wich were developed to provide a more efficient resource management and support to Quality of Service.

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família Paulo, Tereza, Karin (minha noiva), Andre (in memorian), Leonardo, Glicia, Alfredo (in memorian), que me apoiaram nos momentos mais difíceis.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a realização desse trabalho com sucesso.

À minha família, Paulo, Tereza, Andre (in memorian), Leonardo, Glicia, Alfredo (in memorian) que me ajudaram a superar todos os desafios por mais difíceis que parecessem.

À minha querida noiva Karin com todo o apoio e carinho fez com que chegasse mais longe do que conseguiria sozinho.

Aos meus amigos e futuros parentes Elisabete, Christian, Simone, Cris, Julis, Mathias e Natalia com todo o incentivo tão importante nos momentos difíceis.

Aos meus grandes amigos Fabiano, Edy, Janaam, Giovanni, Mesquita, Burger, Bresil, Paulo Martins, Foguinho, Henry, Sitton, Hiromoto, Paulo Guarda, Lucia Herrera, Alessandro Santos, Luiz Miranda e todos os outros amigos que de alguma forma contribuíram para o meu sucesso.

Aos funcionarios do IC e especialmente à Claudia e Ione pelos inúmeros favores e problemas resolvidos com toda a simpatia e boa vontade.

Aos mestres Omar e Nelson que permitiram a realização desse trabalho através da confiança, amizade e uma grande orientação.

Conteúdo

Resumo	vi
Abstract.....	vi
Dedicatória.....	vii
Agradecimentos.....	viii
Conteúdo.....	ix
Capítulo 1 - Introdução	1
Capítulo 2 - A evolução da rede celular	3
Capítulo 3 - GPRS	6
3.1 A Rede GSM	7
3.2 A rede GPRS	9
3.2.1 Serviços GPRS	10
3.2.2 Arquitetura GPRS.....	11
3.2.3 Plano de transmissão em GPRS.	14
3.2.4 Gerência de Mobilidade em GPRS.....	16
3.3 Qualidade de Serviço em redes GPRS	20
3.3.1 Atributos e Classes de QoS	21
Capítulo 4 - UMTS	28
4.1 Arquitetura UTRAN	30
4.1.1 O RNC (Radio Network Controller)	31
4.1.2 O Nó B (Estação Rádio Base)	32
4.2 Descrição das interfaces	32
4.2.1 A interface Iu, UTRAN-CN	34
4.2.2 As Interfaces Internas UTRAN	39
4.3 Camada física da interface aérea UTRAN-UE.....	45
4.3.1 Mapeamento dos Canais de Transporte nos Canais físicos.....	48
4.3.2 Protocolos da Interface de Radio.....	49
4.4 Qualidade de Serviço em redes UMTS	61
4.4.1 Requisitos de QoS de usuário final.....	62
4.4.2 Requisitos gerais de QoS.....	62

4.4.3	Requisitos Técnicos.....	63
4.4.4	Arquitetura QoS.....	64
4.4.5	Funções de gerência de QoS na rede UMTS.....	66
4.4.6	Alocação das funções de gerência de QoS	67
4.4.7	Classes de QoS de UMTS	70
Capítulo 5 -	CONCLUSÕES.....	71
	Glossário.....	74
	Referências	79

Capítulo 1 - Introdução

As redes móveis, até a segunda geração (2G), tinham a voz como principal serviço. As atenções estavam voltadas até então para a qualidade de voz, escalabilidade da rede e os serviços de telefonia adicionais oferecidos para os assinantes que utilizavam a rede celular para comunicação móvel pessoal. A comunicação de dados não era o foco principal, sendo esse serviço oferecido através da utilização de comutação por circuitos. As soluções existentes para a comunicação de dados utilizando a segunda geração atingiam baixas taxas de transmissão, baixa qualidade e altos custos. A explosão da Internet, principalmente na segunda metade da década de 90, incentivou a utilização da comunicação de dados por pacotes nas redes móveis levando ao desenvolvimento de tecnologias de sobreposição às redes móveis existentes para a provisão de comunicação móvel de dados por pacotes, como GPRS (redes GSM) e 1xRTT (redes cdma).

As tecnologias de segunda geração adquiriram assim a capacidade de comunicação móvel de dados por pacotes utilizando as tecnologias de sobreposição sendo agora denominadas tecnologias de segunda geração e meia (2.5G), ou seja um estágio intermediário entre a segunda geração e a terceira geração (3G).

A evolução das redes de acesso móvel segue com estratégias diferentes nos Estados Unidos e na Europa. Nos Estados Unidos, adota-se um desenvolvimento contínuo da tecnologia 2G especificada pela IS-95, convergindo em direção ao cdma2000. Na Europa, a exemplo do que aconteceu da primeira para a segunda geração com o surgimento do GSM, a proposta 3G (UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System*) apresenta diferenças significativas com a geração 2G, no que diz respeito à rede de acesso.

Com os serviços de dados por pacotes oferecidos pelas redes móveis, a questão Qualidade de Serviço foi abordada nas padronizações das tecnologias 2.5G e 3G, e está sendo desenvolvida pelos órgãos de padronização ITU-T, ITU-R, 3GPP, 3GPP2.

Em GPRS foram definidas as primitivas para implementação de QoS baseada em conceitos comuns para redes de pacotes. Por ser uma tecnologia de sobreposição, GPRS utiliza a infra-estrutura da rede de acesso GSM com algumas alterações para permitir o acesso de dados. As características de sobreposição de GPRS impõem limites de implementação para QoS, dado que utiliza a mesma interface aérea GSM.

A arquitetura de QoS de UMTS foi desenvolvida pelo 3GPP de uma forma mais completa do que em GPRS, por contar com uma nova interface aérea a ser implementada. A separação entre a evolução de UMTS e as redes de acesso de segunda geração, permitiu que o modelo de QoS para UMTS acompanhasse o desenvolvimento da própria tecnologia, o que não aconteceu com o modelo QoS para GPRS.

Este trabalho descreve as tecnologias de redes móveis GPRS (2.5G) e UMTS (3G), bem como aborda Qualidade de Serviço nestas redes. Este trabalho está organizado da seguinte forma. No Capítulo 2, apresenta-se a descrição da tecnologia GPRS, aborda-se a arquitetura de rede GSM, a arquitetura de rede GPRS e a Qualidade de Serviço em redes GPRS. No Capítulo 3 apresenta-se a descrição da tecnologia UMTS, abordando a arquitetura de rede, as interfaces da rede de acesso, os protocolos da interface aérea e por fim a arquitetura de Qualidade de Serviço em redes UMTS.

Capítulo 2 - A evolução da rede celular

A primeira geração (1G) de telefonia celular foi resultado dos primeiros esforços para a implementação de um sistema de telefonia celular. Nesse sistema o usuário utiliza os serviços de voz oferecidos pela rede telefônica com um equipamento sem fio e com mobilidade.

A primeira geração das redes sem fio (1G) começou a ser implementada no começo dos anos 80 com o objetivo de fornecer os serviços telefônicos de voz para assinantes móveis. Os sistemas da primeira geração eram caracterizados pela utilização de modulação em frequência analógica (FM) para o acesso dos usuários ao sistema através da interface aérea e a utilização da arquitetura de múltiplo acesso FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

Vários padrões foram desenvolvidos simultaneamente em diversos lugares do mundo. Na América do Norte foram desenvolvidas as tecnologias AMPS (*Advanced Mobile Phone Service*) e TACS (*Total Access Communication System*). Na Europa ETACS (*European TACS*) e NMT (*Nordic Mobile Telephone System*) e no Japão o NTACS (*Nippon TACS*).

A fim de melhorar a eficiência espectral e melhorar a robustez na comunicação de voz entre outras melhorias, a Segunda Geração (2G) apareceu no início dos anos 90 utilizando técnicas de transmissão digital.

A geração 2G seguiu três linhas diferentes de desenvolvimento, GSM, IS-136 e IS-95A. Das três linhas diferentes GSM e IS-136 são caracterizadas pela utilização da divisão do tempo no acesso (TDMA – *Time Division Multiple Access*) como separação entre os canais, e IS-95A utiliza a codificação da voz para diferenciar os canais (CDMA – *Code Division Multiple Access*).

A utilização da divisão de tempo nas tecnologias TDMA (IS-136 e GSM) proporciona várias janelas de tempo na mesma frequência transmitida, melhorando assim a eficiência espectral, pois a voz de mais de um usuário pode ser transmitida em uma mesma frequência. A transmissão digital traz vantagens na qualidade de voz, pois é possível neste caso processar a voz antes de transmiti-la e realizar tratamento de erro, pois a voz é transformada em bits antes da transmissão.

Na tecnologia IS-95A a voz é separada por códigos, isto é, para cada sinal de voz um código é associado. Isto quer dizer que o código equivale à identidade do sinal, e cada sinal de voz possui um código diferente. Em uma mesma frequência varios sinais de voz são transmitidos utilizando códigos diferentes favorecendo assim a utilização mais eficiente do espectro de frequências utilizado no sistema.

Muitas melhorias nos serviços de voz foram introduzidas nas tecnologias 2G, mas a despeito disso o serviço de dados apresentado por essa geração é de baixa velocidade (da ordem de 14kbps), baixa qualidade e alto custo. Apesar do interesse demonstrado pelo mercado por serviços de dados nas redes sem fio, até a segunda geração não foi possível prover dados com qualidade a baixo custo abrindo pouco espaço para o desenvolvimento de aplicações de dados para as redes sem fio de segunda geração.

A fim de proporcionar uma melhoria significativa nos serviços de dados da segunda geração foram desenvolvidos os padrões GPRS (*General Packet Radio Service*) associado a rede GSM e o padrão IS-95B associado a rede CDMA [1]. Esses padrões utilizam a estratégia de rede de sobreposição, isto significa, são acopladas as infra-estruturas de rede já existentes reduzindo o custo de implantação. O ganho de velocidade é significativo (da ordem de 144kbps compartilhado), mas as aplicações ainda sofrem com problemas de qualidade de serviço pois a velocidade de transmissão está ligada ao número de usuários que compartilham a banda. Em um centro comercial por exemplo os serviços podem sofrer sérias degradações devido às altas concentrações de usuários.

Com todas as limitações para os serviços de dados da segunda geração e uma demanda crescente de acesso a serviços da internet a terceira geração (3G) é desenvolvida por várias organizações de vários países do mundo sobre a supervisão da ITU (International Telecommunication Union) criando, assim, um conjunto de normas incorporando o conceito 3G no IMT-2000 (*International Mobile Telecommunications*).

A tecnologia IMT-2000 apresenta uma proposta de provisão de serviços multimídia em redes sem fio para setores privados, públicos, residenciais entre outros utilizando vários tipos de terminais baseados em redes terrestres ou por satélite, que podem ser computadores de bolso, laptops, terminais instalados em veículos ou qualquer equipamento sem fio com uma aplicação multimídia.

Dentre as redes 2G, GSM e IS-95A seguiram um caminho mais claro para 3G do que IS-136. Essas duas redes evoluíram primeiramente para as tecnologias intermediárias GPRS e IS-95B e no caminho natural para 3G GSM segue para UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) padrão definido pela instituição internacional 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) e IS-95 segue para o cdma2000, que é um conjunto de normas encorporadas pela instituição internacional 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Project 2*) que definem a terceira geração para as redes CDMA (IS-95).

Nos capítulos seguintes a evolução da segunda geração de GSM é apresentada, seguindo pelas redes GPRS e posteriormente pelas redes UMTS.

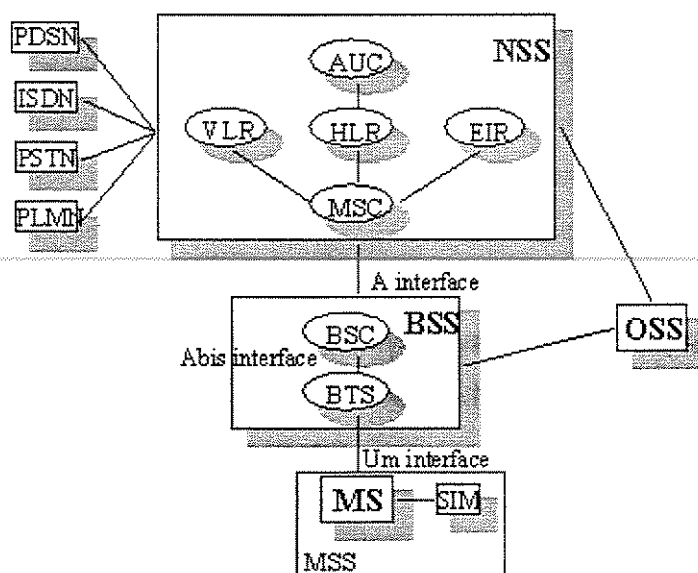
Capítulo 3 - GPRS

A tecnologia GSM (*Global System for Mobile communication*) é o padrão europeu para comunicação móvel desenvolvido pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*). O serviço mais importante provido por GSM é a transmissão de voz. A voz em GSM é digitalizada, codificada e transmitida em padrões digitais de bits, utilizando comutação por circuito. Os serviços de transmissão de pacotes são possíveis em GSM utilizando a tecnologia de comutação por circuitos CSD (*Circuit Switched Data*), permitindo uma taxa de bits máxima de 14.4 kbits/s. A tecnologia HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) é a evolução natural de CSD utilizando a alocação de mais de um circuito para a transmissão de pacotes, alocando mais banda e garantindo assim uma taxa maior. Ambas CSD e HSCSD têm em sua natureza de comutação por circuitos a tarifação por tempo de utilização e a alocação exclusiva de um circuito para um assinante durante a conexão. Esse tipo de tarifação não é atrativa para os assinantes, que pelo tipo de utilização da rede, preferem ser cobrados por volume de dados trafegados. A alocação exclusiva de um circuito subutiliza recursos que poderiam ser compartilhados por mais assinantes. Esses problemas podem ser resolvidos utilizando comutação por pacotes.

A transmissão de dados utilizando comutação por pacotes é possível em GSM através da utilização da tecnologia GPRS (*General Packet Radio Service*). GPRS permite que o usuário envie e receba dados sem a necessidade de reserva de recursos. A fim de proporcionar ao leitor uma familiarização com os termos utilizados neste trabalho os aspectos básicos da tecnologia GSM são descritos previamente à descrição da tecnologia GPRS.

3.1 A Rede GSM

A rede GSM é dividida em quatro subsistemas principais: a BSS (*base station subsystem*), a NSS (*Network switching subsystem*), OSS (*Operational and Support Subsystem*) e MSS (*Mobile SubSystem*), como apresentado na Figura 1. A BSS juntamente com a MSS é o conjunto dos elementos que compõem a rede de acesso de GSM e a NSS é o conjunto dos elementos de rede que compõem a rede central que são responsáveis pela comutação de chamadas. Os recursos de rádio e controle são feitos em elementos de rede dentro do BSS, que utilizam os elementos de rede da rede central para estabelecer a comutação das chamadas.



Legenda:

PDSN=Packet Data Service Node, ISDN=Integrated Service Data Network, PSTN=Public Switched Telephonic Network, PLMN=Public Land Mobile Network, VLR=Visitor Locate Register, HLR=Home Locate Register, EIR=Equipment Identity Register, MSC=Mobile Switched Center, BSC=Base Station Controller, BTS=Base Transceiver Station, NSS=Network Switched Center, BSS=Base Station Subsystem, SIM=Subscriber Identity Module, Um Interface = Interface aérea, A interface=Interface entre BSS e NSS, OSS=Operational and Support Subsystem, MS=Mobile Station, MSS=Mobile Subsystem

Figura 1: Arquitetura da rede GSM

Completando o sistema estão o equipamento de usuário conectado à BSS e o OSS (*Operational and Support Subsystem*), conectado à NSS e BSS.

O equipamento do usuário, denominado estação móvel, é utilizado para a conversação, através da interface aérea. A estação móvel é composta pelo equipamento terminal e por um cartão de identificação denominado SIM (*Subscriber Identity Module*).

O equipamento terminal é a interface entre o usuário e o sistema GSM. A comunicação entre o equipamento terminal e o sistema é feita através da interface aérea, possibilitando a mobilidade do usuário. O equipamento terminal converte voz em dados para o sistema e converte dados do sistema para voz.

O cartão de identificação SIM é um *Smart Card* contendo além da identificação do usuário uma chave privada de segurança. O SIM pode ser utilizado em qualquer terminal GSM, permitindo ao usuário a utilização de qualquer equipamento terminal.

O subsistema de comutação NSS é responsável pelo controle de chamada, controle de serviço e funções de gerenciamento de mobilidade. Os elementos de rede que compõem o NSS são:

- *Mobile Switch Center* (MSC) é responsável por todas as funções de comutação para as chamadas móveis. Um NSS pode ter vários MSCs, dependendo do tráfego que a NSS controla fazendo com que existam diferentes áreas de cobertura denominadas áreas de MSC. Uma MSC é responsável por várias funções, dentre elas, *paging*, coordenação do estabelecimento de chamadas, cifragem, alocação de recursos, interfuncionamento entre diferentes redes, bilhetagem, controle, sincronização com as BSSs entre outras.
- *Home Location Register* (HLR) é uma base de dados utilizada para gerenciar dados locais dos assinantes. Quando ocorre um registro de um móvel em uma determinada BTS (*Base Transmission Station*), algumas informações sobre esse móvel são armazenadas na base de dados do HLR, tais como estado do móvel, número de série, informação sobre o perfil de serviços contratados por aquele assinante e todas as outras informações pertinentes àquele registro específico.
- *Visitor Location Register* (VLR) é uma base de dados associada a uma área de MSC que armazena informações temporárias relativas aos móveis que estão localizados no seu domínio. Quando ocorre um registro de um móvel em uma determinada BTS (*Base Transmission Station*) pertencente ao domínio de um VLR, algumas informações sobre esse móvel são armazenadas na base de dados, como estado do móvel, número de série, informação sobre o perfil de serviços contratados por aquele assinante e todas as outras informações pertinentes àquele registro específico.

- *Gateway Mobile Switch Center* (GMSC) é um MSC que serve como *gateway* para redes externas, como por exemplo RDSI (Rede Digital de Serviços Integrados) ou redes de telefonia fixa.
- *Authentication Center* (AuC) é a entidade responsável pela criptografia dos dados trafegados e funções de autenticação atribuídas a cada assinante. Uma chave está presente no usuário móvel através do cartão SIM (*Subscriber Identification Module*).
- *Equipment Identity Register* (EIR) é responsável por armazenar algumas informações de segurança dos equipamentos móveis. Entre essas informações ele armazena uma lista de equipamentos móveis válidos.

O subsistema de estação de base BSS (*Base Station Subsystem*) executa as funções relacionadas com os enlaces de rádio. A BSS é composta pelos seguintes elementos de rede:

- *BTS (Base Transceiver Station)* é responsável pela interface de rádio com o terminal móvel (MS), consistindo de equipamentos de rádio necessários para cada célula na rede
- *BSC (Base station controller)* provê funções de controle e enlaces físicos entre o MSC e BTS. Uma ou mais BSCs são servidas por um MSC enquanto várias BTS podem ser controladas por uma BSC.

O *Operational and Support Subsystem* (OSS), apresentado na Figura 1, é conectado aos elementos da NSS e BSC a fim de controlar e monitorar o sistema GSM.

3.2 A rede GPRS

A tecnologia GSM foi consolidada como o sistema de telefonia móvel mais utilizados por operadoras do mundo inteiro. Para minimizar o impacto de implantação, a arquitetura GPRS foi pensada como uma rede de sobreposição à rede GSM, reduzindo custos das operadoras na migração para um sistema 2.5G e garantindo a continuidade dos serviços oferecidos pelo GSM.

As características dos serviços de dados oferecidos por GPRS trazem novas oportunidades de aplicações para os usuários móveis, além da utilização do terminal celular para a conversação. O acesso a uma rede de dados móvel renova os conceitos sobre os

possíveis serviços oferecidos pela rede de acesso e cria a necessidade da divisão dos serviços oferecidos por GPRS em: serviços ponto-multiponto e serviços ponto-ponto.

Os novos serviços também trazem necessidades adicionais na gerência de mobilidade dos usuários móveis. Os estados necessários do terminal móvel para o funcionamento do sistema diferem dos estados anteriormente definidos para um terminal móvel utilizado para serviços de voz, pois existem diferenças entre as características do tráfego.

No caso dos serviços de voz, ao alocar um circuito o sistema reserva esse recurso para a utilização do usuário móvel independentemente de existir informação ou silêncio durante a conversação.

Em serviços de dados apenas uma pequena parcela dos recursos é alocado durante o tempo em que o usuário estiver conectado para a manutenção da conexão. O restante dos recursos será alocado apenas durante a transmissão de pacotes.

A seguir serão descritos os serviços, arquitetura e gerência de mobilidade da rede GPRS.

3.2.1 Serviços GPRS

A rede GPRS oferece dois tipos de serviços [2], ponto a ponto (PTP, *Point-to-Point*) e ponto a multiponto (PTM, *Point-to-Multipoint*). Os serviços ponto a ponto são caracterizados por uma conexão de um terminal a outro e os pacotes são trocados entre os dois terminais que estabeleceram a conexão entre si. Exemplos de serviços ponto a ponto são:

- Serviços de transferência sob demanda de informações armazenadas em bases de dados, como por exemplo acesso à Internet, no qual as informações são transferidas apenas por solicitação do usuário;
- Serviços de troca de mensagens entre usuários, como e-mail e transferência de arquivos;
- Serviços de conversação entre usuários utilizando sistemas de tempo real;
- Serviços remotos que demandam baixo volume de tráfego, como cartões de crédito, serviços de leituras de dados medidos de um sistema, monitoramento e supervisão eletrônicos.

Os serviços ponto a ponto são classificados em:

- Ponto a ponto não orientado a conexão;
- Ponto a ponto orientado a conexão.

Os serviços ponto a ponto não orientados a conexão são aqueles em que a transmissão de um pacote entre dois usuários A e B independe do pacote que foi enviado anteriormente e do pacote que será enviado posteriormente, ou seja, não existe correlação entre os pacotes enviados. Um exemplo de utilização desse tipo de serviço é o acesso à Internet utilizando o protocolo IP.

Os serviços ponto a ponto orientados a conexão são serviços que transmitem vários pacotes entre dois assinantes A e B com uma associação lógica que pode durar segundos ou horas, enquanto houver a transmissão de pacotes. Através desse serviço, podem-se suportar aplicações orientadas a conexão [2].

Os serviços ponto a multiponto são caracterizados pelo envio de informações do sistema para vários assinantes ou para um grupo específico que possua algum tipo de serviço contratado, como por exemplo:

- Serviços de distribuição de informação como previsão do tempo, tráfego, notícias, etc.
- Serviços de conferência que oferecem a distribuição de imagem e som em sentido bidirecional para múltiplos usuários.

Os serviços ponto a multiponto são classificados em:

- Ponto a multiponto *multicast* (PTM-M), transmitidos para todos os assinantes ou grupos de assinantes dentro de uma área geográfica, como por exemplo uma cidade.
- Ponto a multiponto *group call* (PTM-G), transmitidos para um grupo específico de assinantes.
- IP multicast (IP-M), serviço definido no protocolo IP, um grupo de IP-M pode estar dentro de uma sub-rede ou mesmo na Internet.

3.2.2 Arquitetura GPRS

O conceito de sobreposição à rede GSM da rede GPRS levou à adição de novos elementos de rede para tornar possível o tráfego de dados utilizando comutação por

pacotes, através da já existente infra-estrutura da rede GSM. A Figura 2 apresenta a arquitetura GPRS e seus elementos de rede.

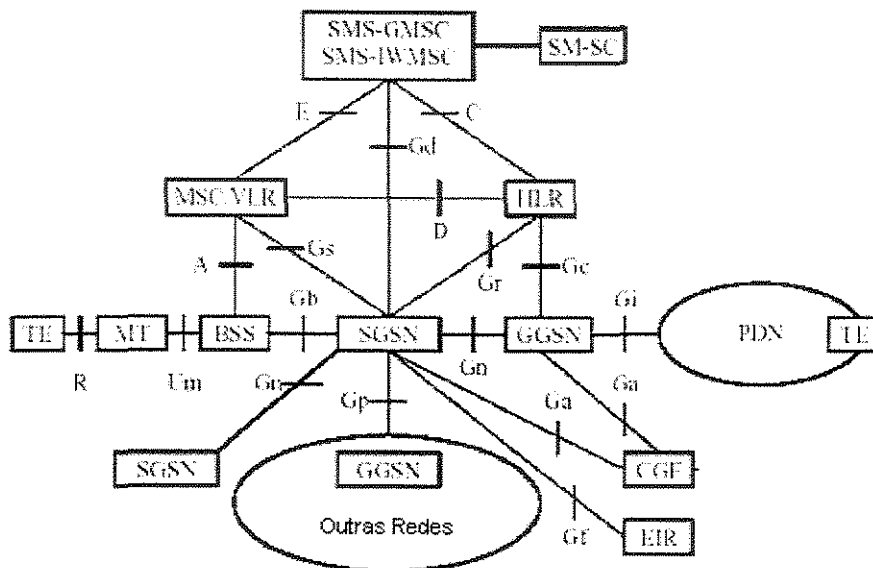


Figura 2: Arquitetura GPRS

Os elementos de rede básicos necessários para cumprir os requisitos de implementação lógica da arquitetura GPRS na estrutura GSM são:

- **SGSN** (*Serving GPRS Support Node*) é o elemento de rede que representa o centro de comutação equivalente ao MSC para voz em GSM [4]. O SGSN provê o controle da interface aérea fornecendo os serviços para a MS. Apesar da BTS ser o elemento de rede que está efetivamente transmitindo ondas de rádio, o controle de todas as operações necessárias para o tráfego de dados comutados por pacotes é realizado pelo SGSN. Na conexão GPRS, o SGSN estabelece um contexto de gerência de mobilidade contendo informações relativas ao MS em questão, como informações de segurança e mobilidade [3].
- **GGSN** (*Gateway GPRS Support Node*) é a interface com a rede externa de pacotes ou com outra PLMN. Neste elemento de rede são realizadas funções como processamento do PDP (*Packet Data Protocol*) e o roteamento para assinantes móveis via SGSN.

Os elementos SGSN e GGSN atuam na rede central sem interferir nos serviços de voz existentes na rede GSM. Além dos elementos adicionais na rede central de GSM, a

utilização de terminais específicos para o acesso à rede GPRS e implementações adicionais na rede de acesso são necessárias para que seja possível a disponibilização do tráfego por dados utilizando comutação por pacotes.

A seguir serão descritos os requisitos para a implementação do terminal GPRS, as alterações na BSS e NSS, e os protocolos do plano de transmissão GPRS.

3.2.2.1 O terminal GPRS

Os sistemas GPRS e GSM fornecem aos usuários interfuncionamento e compartilhamento de recursos entre os usuários. Por essa razão três tipos de terminais foram definidos [3]:

- Terminal classe A pode utilizar a conexão via comutação de pacotes (serviço de dados) ou comutação de circuito (serviço de voz), simultaneamente. Isto significa que um assinante pode, com este terminal, fazer uma chamada de voz sem interromper uma atividade de transmissão ou recepção de dados ;
- Terminal classe B pode utilizar ambos os serviços de GPRS e GSM, mas ao receber uma chamada de voz as atividades de transmissão e recepção de dados são interrompidas durante a chamada;
- Terminal classe C pode utilizar apenas um dos serviços de maneira exclusiva.

O terminal móvel GPRS é subdividido em dois elementos: o equipamento terminal (TE, *terminal equipment*) e o terminal móvel (MT, *mobile terminal*).

O TE provê para o assinante a interface de acesso às aplicações que utilizam os serviços providos pela rede. Exemplos de TE são computador portátil, computador de bolso, etc.

O MT é um equipamento de acesso à interface de rádio do sistema. A comunicação móvel com a rede através da interface aérea é feita pelo MT.

O terminal é geralmente utilizado combinando os dois elementos o TE e MT, possibilitando acesso a GSM e GPRS.

3.2.2.2 O subsistema da estação de base de GPRS (BSS)

O sistema GPRS utiliza a mesma banda de frequência e técnicas de modulação e estrutura de rajada que o GSM, minimizando assim o impacto de implantação do GPRS. Portanto, as alterações necessárias para a BSC e BSS são exclusivamente de software.

Para suportar o tratamento de pacotes de dados, um novo componente de hardware foi adicionado ao sistema. Esse novo componente é chamado *Packet Control Unit* (PCU), posicionando-se logicamente entre o BSS e o NSS do GPRS.

3.2.2.3 O subsistema de rede de GPRS (NSS)

O NSS (*Network Sub-System*) do GPRS pode ser visto como uma rede de sobreposição garantindo a conexão entre os usuários móveis e a rede de dados. O GPRS introduz dois novos elementos funcionais: o SGSN (*Serving GPRS support node*) e o GGSN (*Gateway GPRS support node*). A rede é dividida em várias áreas de serviço controladas por diferentes SGSNs. O SGSN é conectado à BSS por frame relay e possivelmente a vários GGSNs através de uma rede *backbone* de GPRS. A base de dados do HLR é atualizada para obter as informações do assinante GPRS.

3.2.3 Plano de transmissão em GPRS.

O plano de transmissão no GPRS consiste de um protocolo dividido em camadas, estruturado para prover transferência de informações do usuário junto com informações associadas à transferência de procedimentos de controle (como por exemplo, controle de fluxo e detecção e correção de erros) [3]. A Figura 3 ilustra a pilha de protocolos utilizada no plano de transmissão de GPRS.

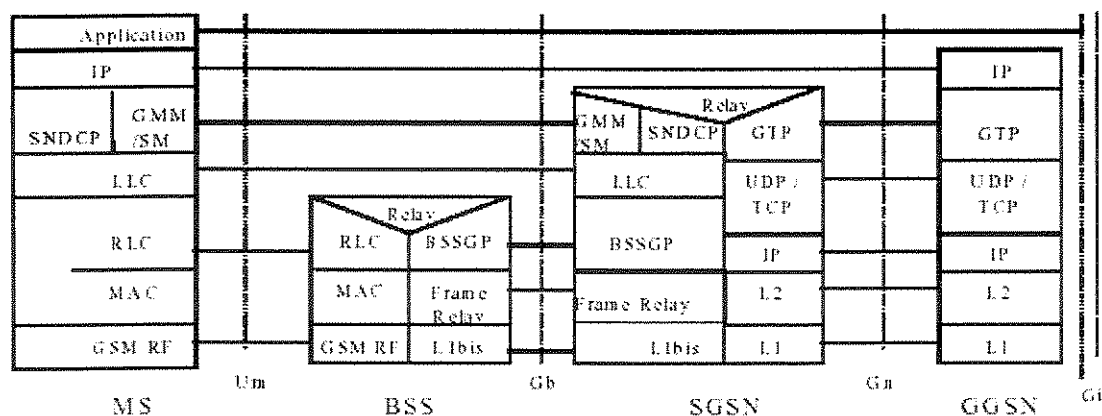


Figura 3: Pilha de protocolos GPRS do plano de transmissão

Entre dois GSNs (GPRS Support Node, GGSN ou SGSN) é utilizado o protocolo de tunelamento do GPRS, o GTP (GPRS Tunneling Protocol), que encapsula as unidades de dados de protocolo (PDUs: Protocol Data Units) no GSN de origem e desencapsula no GSN de destino.

A PDU do GTP é então encaminhada para o *backbone* GPRS da rede IP, utilizando aplicações baseadas em TCP ou X.25, ou UDP (User Data Protocol) para aplicações IP. Entre o terminal móvel e a SGSN, temos o SND CP (*SubNetwork Dependent Convergence Protocol*), que mapeia as características do nível de rede em características da rede de infraestrutura.

A rede *underlay* provê funcionalidades como multiplexação das mensagens da camada de rede em uma única conexão lógica virtual, encriptação, segmentação e compressão. A camada de controle lógico de enlace LLC (logical link control) provê um enlace lógico entre o terminal móvel e o SGSN e executa tarefas tais como cifragem, controle de fluxo, controle de seqüência e controle de erro. O LLC é usado pelo SND CP para transferir PDUs de camadas de rede e dar suporte para o gerenciamento de mobilidade do GPRS para transferência do controle de transferência de dados. A camada de enlace contém os protocolos RLC (*Radio Link Control*) e MAC (Medium Access Control), localizados na PCU estes protocolos são responsáveis pelo controle do enlace de rádio e controle de acesso ao meio.

A camada RLC tem por função segmentar e remontar as unidades de pacotes de dados da camada LLC. A RLC pode operar em dois modos distintos: o modo *acknowledged* ou *unacknowledged*. No modo *acknowledged*, o RLC detecta erros de

transmissão e os corrige, enquanto que no modo *unacknowledged*, faz retransmissão de blocos de dados corrompidos.

A camada MAC opera entre o terminal móvel e a BTS. Essa camada é responsável pelos procedimentos de sinalização relativo ao canal de acesso do rádio.

3.2.4 Gerência de Mobilidade em GPRS

Gerência de mobilidade é o meio pelo qual uma rede móvel mantém informações sobre localização e mobilidade de um usuário móvel na rede, enquanto o terminal móvel está conectado.

Para entender o conceito de gerência de mobilidade em GPRS é preciso definir alguns conceitos como:

- Estados de gerência de mobilidade em GPRS
- Áreas de serviço em GPRS
- Acesso à rede GPRS
- Procedimentos de rastreamento de terminais móveis.

3.2.4.1 Estados de gerência de mobilidade em GPRS.

As atividades de gerência de mobilidade ou MM (*Mobility Management*) relacionadas a um assinante GPRS são caracterizadas pelos três estados de MM [3]. Cada estado descreve um certo nível de funcionalidade e alocação de informações. As informações presentes no MS e no SGSN são chamadas contexto PDP (*Packet Data Protocol*). Os três estados são:

- *Idle* - nesse estado o terminal do assinante GPRS não está conectado a MM, isto significa que o usuário não está enviando dados e o sistema não possui informações sobre localização ou mobilidade a respeito desse terminal, ou seja, não existe um contexto válido na MS ou SGSN. Apesar da MS fazer processos de seleção e reseleção de células do serviço de voz e células do serviço de dados, não é possível a troca de pacotes entre a MS e SGSN. Neste estado, a MS é vista como não encontrável.
- *Standby* - nesse estado o assinante GPRS possui um contexto MM e pode receber mensagens com informações de troca de dados e sinalização, como por exemplo

mensagens PTM, mas não é possível o tráfego de pacotes entre a SGSN e a MS. Após um tempo determinado pelo sistema o SGSN pode iniciar um procedimento de desconexão por tempo de inatividade e passar o terminal para o estado *Idle*. Quando a desconexão ocorre o contexto PDP é perdido.

- *Ready*, nesse estado o contexto PDP corresponde ao estado *Standby* estendido com informações de localização de célula. A MS executa procedimentos de MM para angariar recursos na célula selecionada. É possível o tráfego de pacotes entre a MS e o SGSN, mas em caso de inatividade por um período, o terminal é passado para o estado *Standby*. O terminal pode passar do estado *Ready* para o estado *Idle*, sem passar pelo estado *Standby*, caso seja executado um procedimento de desconexão.

3.2.4.2 Áreas de serviço em GPRS

As redes GSM são divididas em várias áreas de serviço, controladas por um VLR/MSC. Cada VLR/MSC controla várias áreas locais, que são conjuntos de células. A Figura 4 mostra uma rede GPRS dividida em 5 áreas locais e 2 áreas de serviço VLR/MSC. A linha mais grossa divide as duas áreas MSC/VLR.

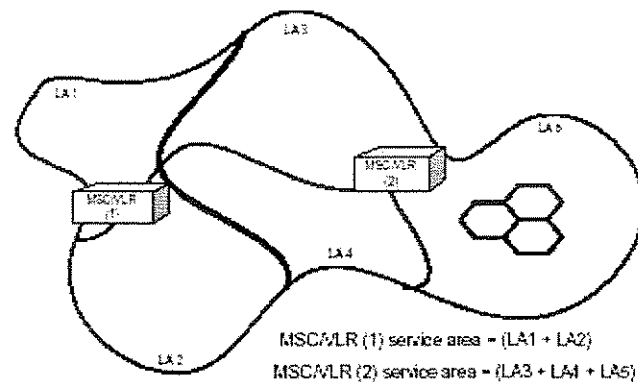


Figura 4: Divisão da Rede GSM em áreas de serviço VLR/MSC [5]

Em GPRS, um conjunto de células forma uma área de roteamento, também chamada RA (*Routing Area*), Figura 5. As RAs são controladas por SGSNs, no qual, uma SGSN pode controlar uma ou mais RA analogamente ao GSM onde um VLR/MSC pode controlar uma ou mais LA.

Comparativamente às LAs de GSM, as RAs são menores e subconjuntos das LAs, isto significa que uma LA pode conter várias RAs, permitindo sinalização e *paging* em áreas geográficas menores, garantindo assim uma melhor otimização de recursos de rádio .

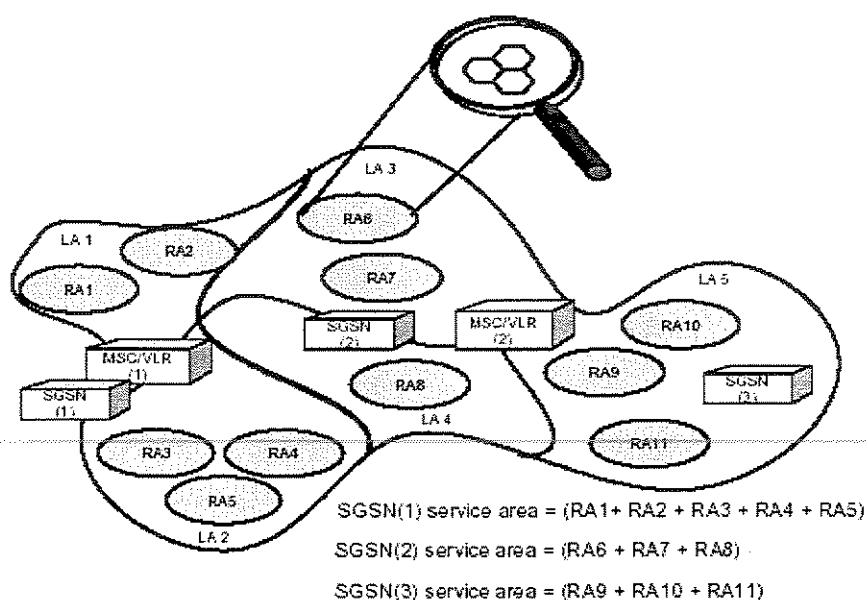


Figura 5: Divisão da Rede GPRS em áreas de serviço SGSN [5]

3.2.4.3 Acesso a redes GPRS

Um terminal móvel pode conectar-se a uma rede GPRS solicitando um procedimento de conexão. O retorno é o estabelecimento de um enlace lógico entre o terminal móvel e um único SGSN e a criação de um contexto de gerência de mobilidade. O enlace lógico é definido unicamente por um identificador temporário de enlace lógico, o TLLI (Temporary Logical Link Identifier) e é utilizado nas mensagens trocadas entre o terminal móvel e o SGSN. Este identificador é trocado quando o terminal móvel troca de SGSN. Os procedimentos de conexão e desconexão estão descritos em [3]

3.2.4.4 Rastreamento do terminal móvel

Localização é o meio pelo qual a rede GPRS mantém o rastreamento da localização do terminal móvel. Em uma rede GPRS, existem três tipos de procedimentos de localização:

- *Atualização de Células* é o meio pelo qual o terminal móvel informa a rede GPRS a sua célula atual.
- *Atualização de encaminhamento intra-SGSN* utilizado quando ocorre uma troca de células pertencentes a RAs diferentes porém em uma mesma área de SGSN.
- *Atualização de encaminhamento Inter-SGSN* utilizado quando ocorre uma troca de células pertencentes a RAs diferentes pertencentes a SGSNs diferentes.

Quando acordos entre operadoras existem, um terminal móvel pode entrar em uma outra área de SGSN executando uma *Atualização de encaminhamento Inter-SGSN*, pertencente à outra operadora, caso contrário o terminal móvel é desconectado e vai para o estado *Idle*.

O procedimento de gerência de localização, depende do estado do móvel. Para cada estado existe diferença na necessidade de localização.

No estado *Idle* nenhuma atualização é realizada, pois como o terminal móvel não está conectado na rede GPRS, não existe contexto PDP e portanto não existe necessidade de localização, pois nenhum pacote é enviado utilizando o serviço PTP. Apenas mensagens de serviços PTM são recebidas, e ainda específicas de cada área SGSN a qual o terminal móvel está localizado.

No estado de *Espera* apenas a troca de RAs deve ser informada utilizando os procedimentos de atualização de encaminhamento inter e intra SGSN. Neste estado a atualização de células não é realizada.

No estado *Pronto* todas as atualizações de localização são feitas, dado que é necessário informar para a rede onde deverão ser entregues os próximos pacotes de informação.

No caso de um terminal móvel não trocar de célula por um tempo, é solicitado que uma atualização de RA comece a ser feita periodicamente. O terminal móvel detecta que entrou em uma nova célula lendo as informações presentes nos canais de controle especiais

que difundem periodicamente as informações gerais a respeito da identificação da célula, RA, LA e sobre a rede.

Do ponto de vista do terminal móvel é transparente uma mudança de célula, RA ou área de SGSN já que a rede é capaz de detectar qual tipo de atualização foi feita pelo terminal móvel usando as informações passadas pelo terminal móvel e as informações de rede. O terminal móvel também envia a identidade da última RA quando uma solicitação de atualização é feita. Ao acessar esse parâmetro enviado pelo terminal móvel a SGSN é capaz de fazer o procedimento de atualização adequado. O SGSN é responsável por informar o GGSN e o VLR sobre a nova localização do móvel.

Com os procedimentos brevemente descritos acima a rede GPRS mantém as informações de localização dos terminais conectados à rede ou que futuramente necessitarão conectar-se.

3.3 Qualidade de Serviço em redes GPRS

A Qualidade de Serviço em GPRS é especificada por um conjunto de parâmetros de QoS negociados durante o estabelecimento da conexão GPRS.

Quando um usuário quer conectar-se à rede GPRS, a MS inicia um procedimento de conexão GPRS. Como parte deste procedimento, o SGSN é informado da presença de usuário e a partir deste momento é iniciado um processo de rastreamento da localização da MS. Uma vez conectado à rede, a MS deve ativar um contexto PDP (*Packet Data Protocol*).

Uma instância de tipo PDP, que descreve o protocolo da camada de rede do GPRS, é chamado contexto de PDP, e é uma conexão virtual entre o MS e o GGSN. Um contexto PDP inclui um identificador, como um endereço IP para enviar e receber dados, e um conjunto de características, como os valores dos parâmetros do perfil de QoS. Um contexto de PDP transporta todo o tráfego de aplicações provenientes de um endereço IP, assim como o tráfego para este mesmo endereço IP.

Uma ativação de contexto PDP é um procedimento de trocas de mensagens entre uma MS e um GGSN. Após uma ativação de contexto de PDP bem sucedida, é realizado o estabelecimento de um túnel GPRS entre o SGSN e o GGSN. Pacotes IPs destinados à aplicação que está utilizando um determinado contexto de PDP são transportados até o

usuário final através do tunel GPRS utilizando o protocolo GTP (*GPRS Tunneling protocol*).

A seguir é introduzida uma descrição dos atributos e classes de QoS especificadas pelas normas técnicas GSM 03.60 e GSM 02.60.

3.3.1 Atributos e Classes de QoS

Os atributos de QoS de GPRS são definidos como [3]: classe de precedência, classe de atraso, classe de confiabilidade, classe de vazão média e classe de pico de vazão. O conjunto desses atributos forma um perfil de QoS, sendo possível formar vários perfis de QoS através da combinação dos atributos.

Cada atributo possui diversos valores possíveis que são negociados pela MS e a rede GPRS, compondo no final da negociação um perfil de QoS formado pelos cinco valores negociados. Se o perfil de QoS negociado é aceito por ambas as partes então a rede GPRS terá que prover recursos adequados para suportar este perfil de QoS.

O mapeamento entre o perfil de QoS negociado e os recursos disponíveis é feito pela camada SNDCP (veja 2.2.3).

A seguir a descrição das cinco classes de atributos com seus valores e significados:

- Classe de precedência

A classe de precedência é também chamada de precedência de serviço, e é um sinônimo para a prioridade. Em condições normais de operação, a rede GPRS deverá tentar atingir os acordos de serviço para todos os perfis de QoS. O serviço de precedência indica a importância relativa de manter os acordos de serviço em condições normais, por exemplo quando pacotes são descartados em situações de congestionamento ou recursos limitados. A classe de precedência é mostrada na Tabela 1

Precedência	Nome da Precedência	Descrição
1	Prioridade Alta	Serviço antes das classes de precedência 2 e 3
2	Prioridade Normal	Serviço antes das classes de precedência 3
3	Prioridade Baixa	Serviço posterior às classes de precedência 1 e 2

Tabela 1: Classe de Precedência

- Classe de atraso

No serviço GPRS apesar dos dados serem armazenados temporariamente nos nós de rede durante a transmissão, o atraso é considerado apenas pelas características de transmissão ou mesmo limitações do sistema. O parâmetro de atraso define assim os valores máximos do atraso médio para um pacote percorrer toda a rede GPRS, ou em outras palavras atraso médio fim a fim.

As classes de atraso são mostradas na Tabela 2

Classe de Atraso	Valores máximos de atraso (s)			
	SDU: 128 octetos		SDU: 1024 octetos	
	Atraso de transferência Médio	Atraso de transferência a 95 % de carga	Atraso de transferência Médio	Atraso de transferência a 95 % de carga
1	<0.5	<1.5	<2	<7
2	<5	<25	<15	<75
3	<50	<250	<75	<375
4	Não especificado			

Tabela 2: Classe de atraso

- Classe de confiabilidade

O parâmetro confiabilidade indica as características de transmissão que são requisitadas por uma determinada aplicação para a garantia de QoS. Confiabilidade de dados é definida em termos da taxa de erro residual [6]. A taxa de erro residual descreve a precisão do serviço, como por exemplo a frequência de SDUs perdidas e a corrupção ou duplicação de SDUs entregues a interface dos assinantes da rede. Confiabilidade de dados define os seguintes casos de taxa de erro:

- Probabilidade de perda de dados,
- Probabilidade de duplicação de entrega de dados,
- Probabilidade de entrega de dados fora da sequência,
- Probabilidade de dados corrompidos.

A classe de confiabilidade especifica os requisitos de várias camadas de protocolo da rede. As combinações de GTP, LLC e modos de transmissão RLC suportam os

requisitos de performance da classe de confiabilidade (Tabela 3) A rede pública de telefonia móvel pode suportar apenas um subconjunto das classes de confiabilidade. Sinalização e SMS podem ser transferidas através da classe de confiabilidade.

Classe de Confiabilidade	Modo GTP	Modo do frame LLC	Proteção de dados LLC	Modo do bloco RLC	Tipo de Trafego
	Acknowledged	Acknowledged	Protegido	Acknowledged	Tráfego de aplicações que não utilizam tempo real, aplicações sensíveis a erro que não podem lidar com perda de dados
2	Unacknowledged	Acknowledged	Protegido	Acknowledged	Tráfego de aplicações que não utilizam tempo real, aplicações sensíveis a erro que podem lidar com perda de dados não muito freqüente.
3	Unacknowledged	Unacknowledged	Protegido	Acknowledged	Tráfego de aplicações que não utilizam tempo real, aplicações sensíveis a erro que podem lidar com perda de dados.
4	Unacknowledged	Unacknowledged	Protegido	Unacknowledged	Tráfego de aplicações que utilizam tempo real, aplicações sensíveis a erro que podem lidar com perda de dados.
5	Unacknowledged	Unacknowledged	Desprotegido	Unacknowledged	Tráfego de aplicações que utilizam tempo real, aplicações não sensíveis a erro que podem lidar com perda de dados.

Tabela 3: Classe de Confiabilidade

- Classe de taxa de pico

A vazão de dados de usuário é especificada em termos de um conjunto de valores de vazão que caracterizam a banda esperada requisitada pelo contexto de PDP. A vazão é definida pela classe de vazão média e classe de vazão de pico.

A taxa de pico é medida em unidades de octetos por segundo. A taxa máxima é especificada de acordo com o que é esperado ser transferido através da rede por um contexto PDP. Não existe garantia que esta taxa de pico será alcançada ou mantida por qualquer período de tempo, dado que a garantia depende da capacidade da MS e dos recursos de radio disponíveis. A rede pode limitar a taxa de pico de vazão para um usuário, mesmo existindo recursos adicionais, seguindo as necessidades do usuário. O pico de vazão é independente da classe de atraso, que determina o atraso de trânsito por pacote na rede GPRS. As taxas das classes de pico de vazão são descritas na Tabela 4.

Classe de vazão de pico	Pico de vazão em octetos por segundo
1	Acima de 1000 (8 kbit/s).
2	Acima de 2000 (16 kbit/s)
3	Acima de 4000 (32 kbit/s)
4	Acima de 8000 (64 kbit/s)
5	Acima de 16000 (128 kbit/s)
6	Acima de 32000 (256 kbit/s)
7	Acima de 64000 (512 kbit/s)
8	Acima de 128000 (1024 kbit/s)
9	Acima de 256000 (2048 kbit/s)

Tabela 4: Classes de vazão de pico

- Classe de vazão média

A vazão média especifica a taxa média com que os dados são transferidos através da rede GPRS durante o tempo de vida restante de um contexto PDP ativado. A vazão média é medida em octetos por segundo. A rede pode limitar a taxa média do assinante, mesmo

caso exista capacidade adicional de transmissão na rede. As taxas das classes de vazão média são descritas na Tabela 5.

Classes de vazão média	Vazão média em octetos por hora
1	100 (~0.22 bit/s)
2	200 (~0.44 bit/s)
3	500 (~1.11 bit/s)
4	1000 (~2.2 bit/s)
5	2000 (~4.4 bit/s)
6	5000 (~11.1 bit/s)
7	10000 (~22 bit/s)
8	20000 (~44 bit/s)
9	50000 (~111 bit/s)
10	100000 (~0.22 kbit/s)
11	200000 (~0.44 kbit/s)
31	best effort

Tabela 5: Classes de vazão média

3.3.1.1 Gerência de QoS em GPRS

O gerenciamento e negociação das classes e perfis de QoS em GPRS pode ser realizado utilizando mecanismos de gerência de contexto PDP. Nas versões 98 e 99 do GPRS, os procedimentos de gerência de contexto de PDP são executados pelo SM (*Session Management*), empregados entre o MS e o SGSN, e entre o SGSN e GGSN pela camada GTP.

O ETSI (*European Telecommunications Standardisation Institute*) padronizou os procedimentos de gerência de contexto PDP, por exemplo ativação, modificação e desativação. Os procedimentos de gerência de contexto de PDP na versão 98 do GPRS são especificados em [3].

Na versão 1998 do GPRS, um contexto PDP pode estar ligado a apenas um perfil de QoS e a um endereço PDP. Isto significa que o perfil adotado em um contexto PDP é

utilizado por todas as aplicações do terminal em questão, independente das necessidades de cada aplicação.

Isso significa que apenas uma demanda de QoS será atendida. Esta característica compromete a garantia de QoS provida pela rede para os assinantes que utilizarem ao mesmo tempo aplicações com diferentes demandas de QoS. Um exemplo é um assinante que inicialmente negocia uma QoS para acessar e-mails e logo após a conexão inicia uma chamada de vídeo conferência. Neste caso, os requisitos de tráfego em tempo real pela chamada de vídeo conferência não são atendidas pela QoS negociada, pois foi baseada nas necessidades do acesso a e-mails.

Na versão de 1999 do GPRS descritos em [7] modificações foram introduzidas para que seja possível a utilização de um mesmo endereço PDP para aplicações que possuam diferentes necessidades de QoS. Para isso foi definido um contexto PDF (*Packet Data Flow*). Um contexto PDP é composto por um ou mais contextos de PDF. Isto significa que mais de uma aplicação pode ser associada a um endereço PDP, uma para cada contexto de PDF. Os conceitos de contextos de PDF e PDP estão ilustrados na Figura 6.

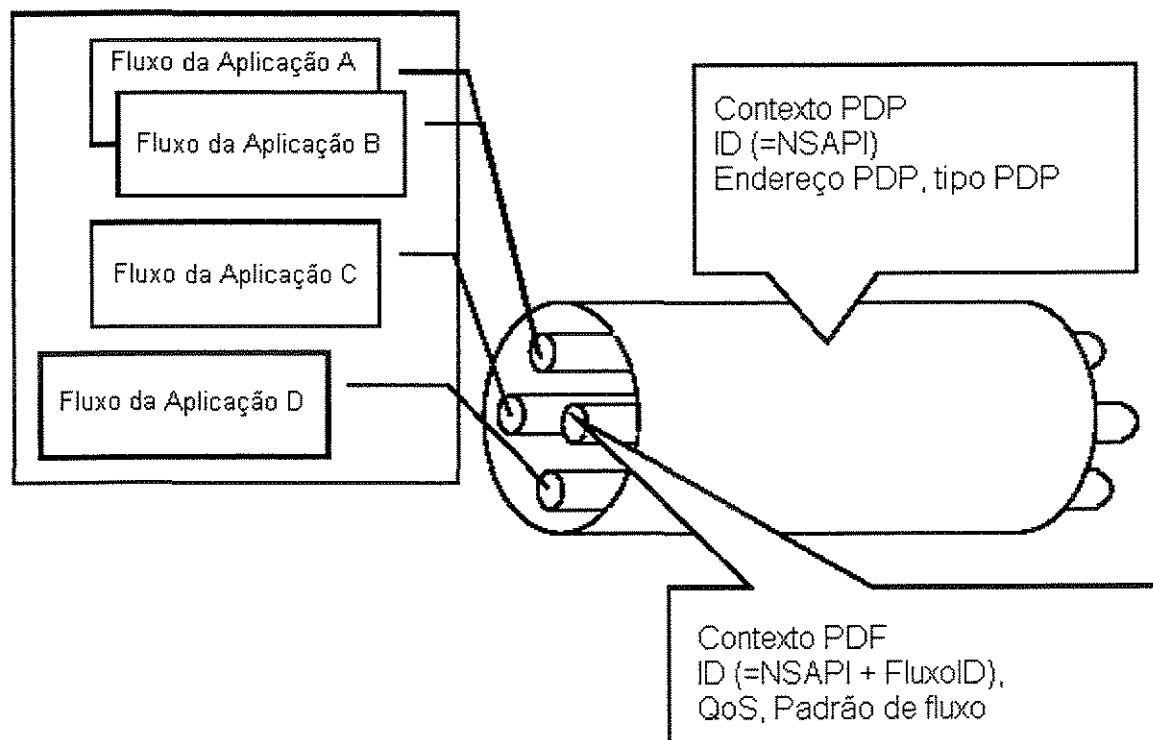


Figura 6: Contextos de PDP e PDF [8]

Com o conceito de contexto PDF introduzido no release 99 do GPRS, as aplicações A, B, C e D da Figura 6, podem negociar perfis de QoS diferentes de acordo com as suas necessidades.

Capítulo 4 - UMTS

O sistema de terceira geração de telefonia celular UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*) foi adotado na Europa como o padrão de tecnologia para acesso móvel à redes de dados e voz. O sistema UMTS é composto por elementos de rede exemplificados na Figura 7.

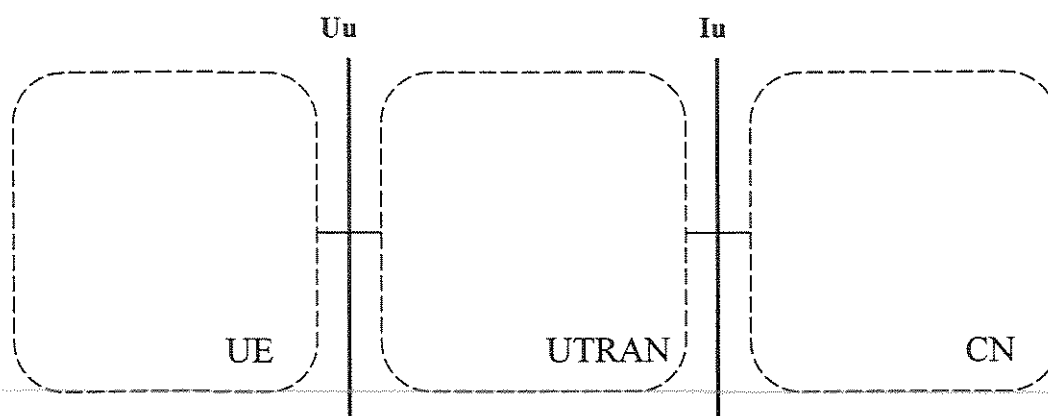


Figura 7: Visão geral da arquitetura do sistema UMTS.

Os elementos de rede do sistema UMTS podem ser funcionalmente divididos em três grupos como apresentados na Figura 7:

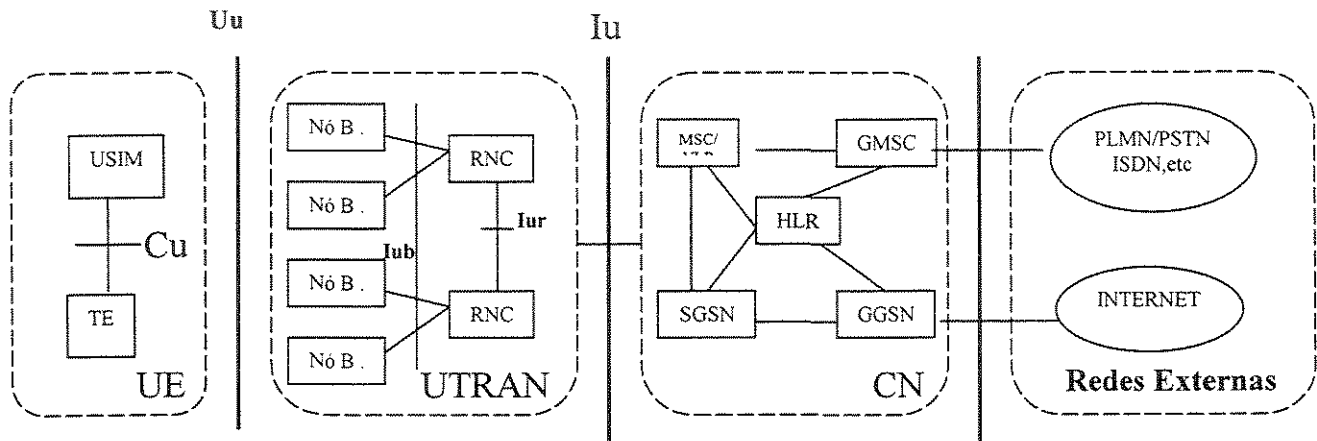
- O Equipamento de Usuário (UE, *User Equipment*), este grupo reúne os elementos de rede que fazem interface com o usuário e interface aérea (interface Uu).
- A rede de acesso (UTRAN, *UMTS Terrestrial Radio Access Network*), os elementos deste grupo tratam todas as funcionalidades relacionadas com a interface aérea.
- A rede principal (CN, *Core Network*), reúne os elementos de rede que são responsáveis pelas funções de comutação, encaminhamento e acesso a redes externas.

O sistema UMTS é modular, no qual cada elemento lógico (Figura 7) é composto por vários módulos. Para que exista uma rede completa, é necessário que exista pelo menos um elemento de rede de cada tipo. A possibilidade de se ter vários elementos de redes iguais permite que o sistema UMTS seja dividido em subredes que são operacionais sozinhas ou em conjunto com outras redes. Essas redes são chamadas UMTS PLMN

(UMTS Public Land Mobile Network). A Figura 8 mostra os elementos de rede de uma UMTS PLMN.

Figura 8: Elementos de rede de uma UMTS PLMN.

Os elementos de rede do UE são:



- O Equipamento móvel (ME, *Mobile Equipment*) é o terminal de rádio utilizado para a comunicação sobre a interface Uu. O ME é composto por dois elementos diferentes: o equipamento terminal, que faz a interface entre o usuário e o sistema móvel, e a estação móvel que faz a interface entre o equipamento terminal e o sistema UMTS através da interface aérea Uu (interface entre UE e UTRAN mostrada na Figura 8).

- O módulo de identificação do usuário (USIM, UMTS Subscriber Identity Module) é um cartão que contém a identidade do assinante, executa algoritmos de autenticação e armazena chaves de autenticação, criptografia e algumas informações que são necessárias no terminal.

Os elementos do UTRAN são:

- O Nó B, responsável por converter o fluxo de dados que vem do assinante através da interface Uu para a interface Iub. O Nó B também realiza algumas funções de gerência de recursos de rádio em conjunto com o RNC (*Radio Network Controller*) descrito a seguir.
- O RNC (*Radio Network Controller*), controla os recursos de rádios no seu domínio. O RNC é o ponto de acesso de serviço para todos os serviços providos pelo UTRAN para o CN.

O 3GPP define que as interfaces entre os elementos de rede do UMTS devem ser abertas para que a rede possa ser montada sem o compromisso de todos os elementos de rede pertencerem ao mesmo fabricante.

As interfaces entre os elementos lógicos são:

- Cu, interface elétrica entre o cartão USIM e o ME. A interface segue um formato padrão para *smartcards*.
- Uu, interface aérea WCDMA (*Wide Band Code Division Multiple Access*). A interface Uu é a interface pela qual o UE acessa a parte fixa do sistema, esta é uma das interfaces mais importantes para provisão de QoS.
- Iu, interface que conecta a UTRAN à CN.
- Iur, interface que permite soft handover entre RNCs de diferentes fabricantes, e portanto complementa a interface Iu.
- Iub, interface que conecta um Nó B e um RNC. UMTS é o primeiro sistema comercial de telefonia móvel onde a estação radio base e o controle é padronizado como uma interface completamente aberta.

4.1 Arquitetura UTRAN

A rede de acesso de UMTS (UTRAN) consiste de um conjunto de um ou mais RNS (*Radio Network Sub-system*). Um RNS é composto por um RNC e um ou mais Nó B como apresentado na Figura 9. No caso da existência de mais de um RNS em uma UTRAN, a comunicação entre eles é feita através da interface Iur. Os Nó B de um mesmo RNS se comunicam através da interface Iub.

As principais características da UTRAN estão apresentadas a seguir [9]:

- Suportar o UTRA (Universal Terrestrial Radio Access) e todas as funcionalidades relacionadas, como por exemplo suporte de soft handover (um terminal conectado na rede via duas ou mais células ativas) e a interface WCDMA: que possui os algoritmos específicos responsáveis pela gerência de recurso de rádio.

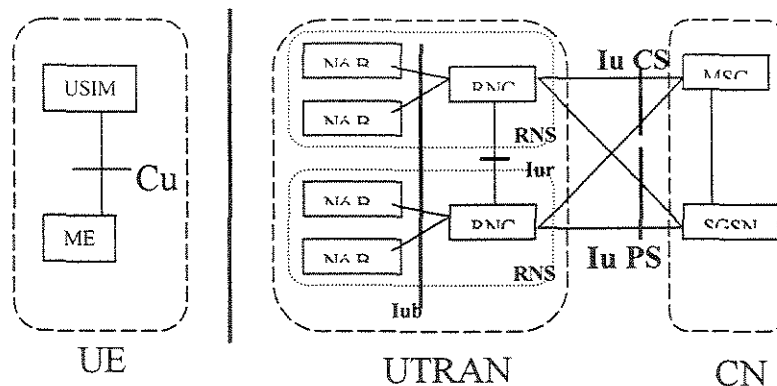


Figura 9 : Arquitetura UTRAN

- Minimizar as diferenças entre o tratamento de comutação por pacotes e comutação por circuito, utilizando uma única pilha de protocolos de interface e a mesma interface de conexão entre a UTRAN e a rede principal.
- Maximizar os pontos em comum com GSM, quando possível.
- Utilização do transporte ATM como principal mecanismo de transporte em UTRAN.

4.1.1 O RNC (Radio Network Controller)

O RNC é o elemento de rede responsável pelo controle dos recursos de rádio da UTRAN, além, das funções de controle de chamadas e controle da interface entre UE e CN.

Quando um Nó B está sob o domínio de um RNC, este RNC é chamado de CRNC (*Controlling RNC*) deste Nó B. Neste caso o RNC efetua toda a operação de controle de chamada do Nó B, como controle de chamada, admissão e alocação de código para novos enlaces de rádio estabelecidos naquela célula.

Em uma conexão entre um usuário móvel e a UTRAN é possível a utilização de mais de um RNS (Figura 10) para o transporte de dados. Quando este caso acontece, os RNCs envolvidos podem assumir dois papéis lógicos diferentes, o SRNC (*Serving RNC*) e DRNC (*Drift RNC*), como apresentado na Figura 10. O SRNC funciona como o RNC que controla toda a chamada, e o DRNC apenas um RNC de escoamento, onde apenas são transportados pacotes sob o domínio do SRNC.

Para um usuário móvel o SRNC é o RNC que transporta as informações trocadas entre o usuário móvel e a rede principal. O SRNC também executa o processamento da camada de enlace dos dados transportados na interface aérea. Outras funções também atribuídas ao SRNC são: operações básicas de gerência de recursos rádio, como

mapeamento dos parâmetros de *Radio Access Bearer* nos parâmetros de canal da interface aérea de transporte, decisão do *handover* e controle de potência.

O DRNC não executa processamento de camada de rede do plano de dados do usuário, mas encaminha dados de forma transparente entre as interfaces Iub e Iur. Em uma conexão entre um usuário móvel e a UTRAN a utilização de um DRNC é opcional, dependendo da quantidade de pacotes trafegando o RNC principal, o DRNC pode ser utilizado como recurso de controle de congestionamento.

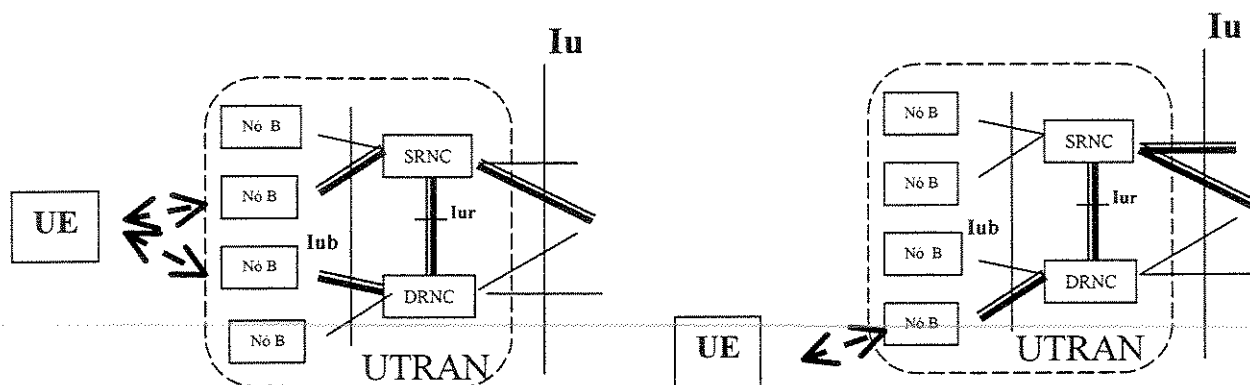


Figura 10 : Papel lógico do RNC para uma conexão UE UTRAN

4.1.2 O Nó B (Estação Rádio Base)

A principal função do Nó B é executar o processamento da camada física (codificação de canais e *interleaving*, adaptação de taxas, espalhamento, etc). O Nó B executa algumas operações básicas de gerência de recursos de rádio como controle de potência, envio de mensagens na interface aérea e todas as funções equivalentes as da BTS (*Base Transceiver Station*) de GSM.

4.2 Descrição das interfaces

Os protocolos das interfaces da UTRAN foram projetados seguindo um modelo geral, que está apresentado na Figura 11. A estrutura é dividida em camadas e planos, os quais são independentes logicamente.

No modelo da Figura 11, os planos são os componentes verticais e são divididos em: plano de usuário, plano de controle, plano de controle da rede de transporte e plano de

usuário da rede de transporte. As camadas são horizontais e divididas em: camada da rede de rádio e camada da rede de transporte.

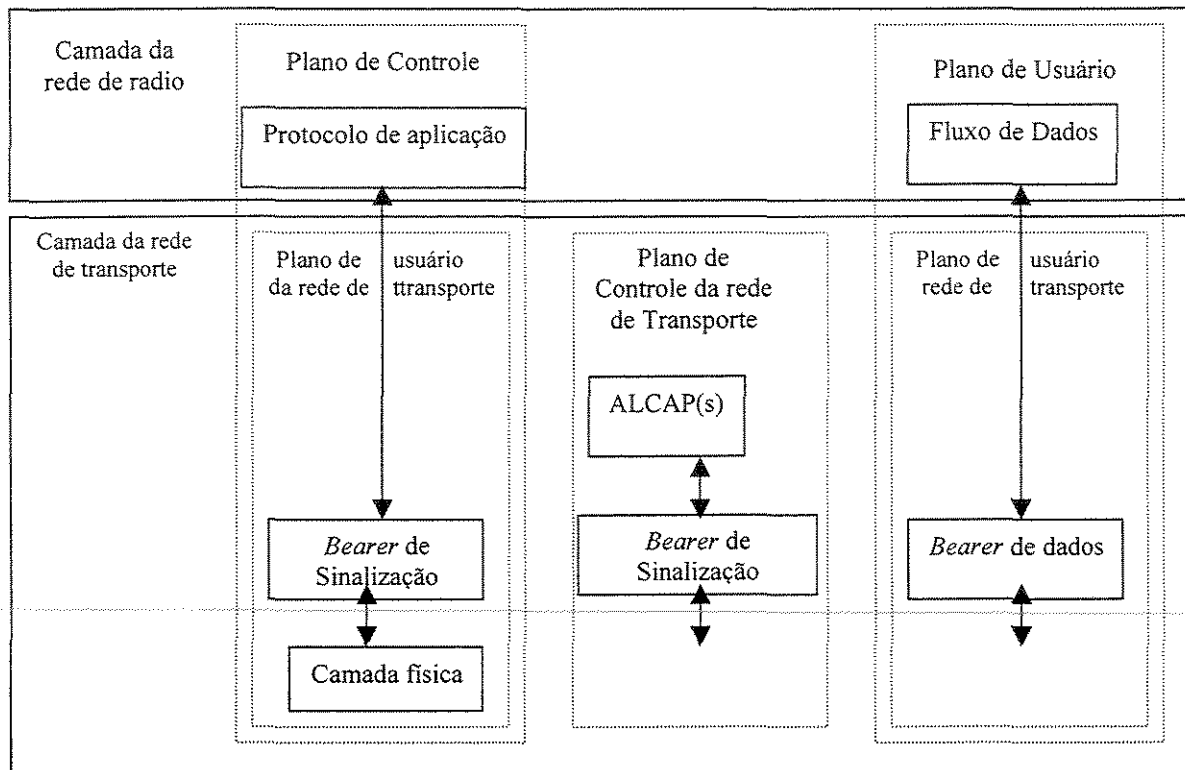


Figura 11: Modelo geral de protocolo para interfaces terrestres UTRAN

A estrutura em camadas permite que tecnologias padrões de transporte possam ser utilizadas na camada da rede de transporte, como ATM por exemplo e os protocolos específicos de UTMS possam ser desenvolvidos na camada da rede de rádio.

A divisão em planos dos protocolos da UTRAN pode ser classificada em: controle e usuário. Essa classificação identifica o tipo de função atribuída a cada plano, o tráfego de usuário é tratado pelo plano de usuário e o controle da chamada é atribuído ao plano de controle.

A combinação da divisão dos planos em controle e usuário e a divisão em camadas horizontais da rede de transporte e rede de rádio leva ao aparecimento de dois novos planos: o plano de controle da rede de transporte e o plano de usuário da rede de transporte.

As funções de cada plano são:

- **Plano de Controle**

O plano de controle é utilizado para todas as sinalizações de controle. Esse plano inclui o protocolo de aplicação, e o *bearer* de sinalização para transporte de mensagens do protocolo de aplicação [9].

O protocolo de aplicação é utilizado entre outras coisas para configurar *bearers* para o UE, como por exemplo o *Radio Access Bearer* na Iu.

- **Plano de Usuário**

O tráfego de voz e dados de usuário é transportado pelo plano de usuário. Após o estabelecimento de uma conexão o plano de usuário é encarregado de controlar o tráfego dos dados de usuário.

- **Plano de Controle da rede de transporte**

Toda a sinalização de controle da camada de transporte é feita pelo plano de controle da rede de transporte. Para tal não se faz uso de qualquer informação da camada da rede de rádio. No entanto é incluído o protocolo ALCAP (*Access Link Control Application Part*) que é necessário para configurar os *bearers* de transporte para o plano de usuário.

O Plano de Controle da Rede de Transporte é um plano que atua entre o plano de controle e o plano de usuário. A introdução do plano de transporte torna possível que o protocolo de aplicação no plano de controle da rede de rádio seja completamente independente do tipo de tecnologia selecionada para o *bearer* de dados no plano de usuário [10].

- **Plano de Usuário da rede de transporte**

O plano de usuário da rede de transporte é utilizado para estabelecer o canal de dados no plano de usuário, e o canal de sinalização para o protocolo de aplicação. A portadora de dados no plano do usuário da rede de transporte é diretamente controlada pelo plano de controle da rede de transporte durante operações que utilizam comunicação em tempo real, mas as ações de controle necessárias para configurar a portadora de sinalização para o protocolo de aplicação são consideradas atividades de operação e manutenção [10].

4.2.1 A interface Iu, UTRAN-CN

A interface entre a rede de acesso UTRAN e a rede principal CN é a interface Iu. Toda a comunicação entre a UTRAN e a CN é feita através da Iu, incluindo tráfego de

dados, voz e mensagens de difusão. Para cada tipo de acesso, a Iu tem uma designação diferente, como apresentado na Figura 12.

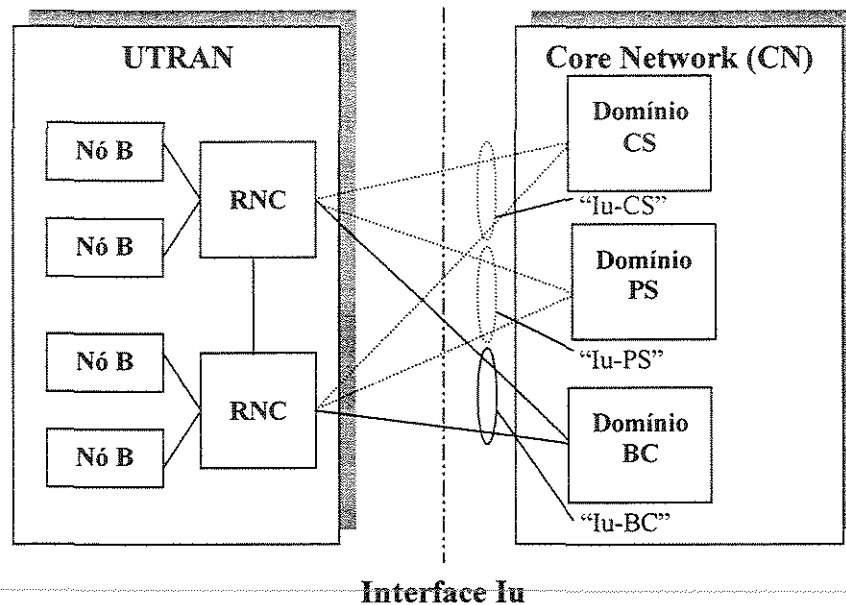


Figure 12: Arquitetura da interface I_u [11]

No domínio de comutação por circuitos a Iu é chamada Iu-CS (*Circuit Switch*), no domínio de comutação por pacotes a Iu recebe o nome de Iu-PS (*Packet Switch*) e no domínio de difusão de mensagens a Iu é chamada Iu-BC (*Broadcast*).

Segundo a especificação técnica [11], para cada RNC deverá existir apenas uma interface Iu para cada domínio existente, ou seja PS, CS e BC.

A estrutura do protocolo Iu PS é descrito na Figura 13. Um transporte ATM é aplicado para ambos Plano de Controle e Plano de Usuário.

- **Pilha de Protocolo do Plano de Controle Iu-PS**

A pilha de protocolo do plano de controle da Iu-PS (Figura 13) consiste do protocolo de aplicação RANAP, no topo do protocolo da BB SS7 (*Broad Band Signal System #7*). As camadas de aplicação são:

- Parte de controle da conexão de sinalização ou SCCP (*Signalling Connection Control Part*),
- Parte de transferência de mensagem ou MTP3-b (*Message Transfer Part*)

- Camada de adaptação de sinalização ATM para interfaces de rede para rede ou SAAL-NNI (*Signalling ATM Adaptation Layer for Network to Network Interfaces*).

A camada SAAL-NNI adicionalmente é dividida em função de coordenação de serviço específico ou SSCF (Service Specific Co-ordination Function), Protocolo Orientado a Conexão a Serviço Específico ou SSCOP (*Service Specific Connection Oriented Protocol*) e Camada 5 de adaptação ATM ou AAL (ATM Adaptation Layer 5).

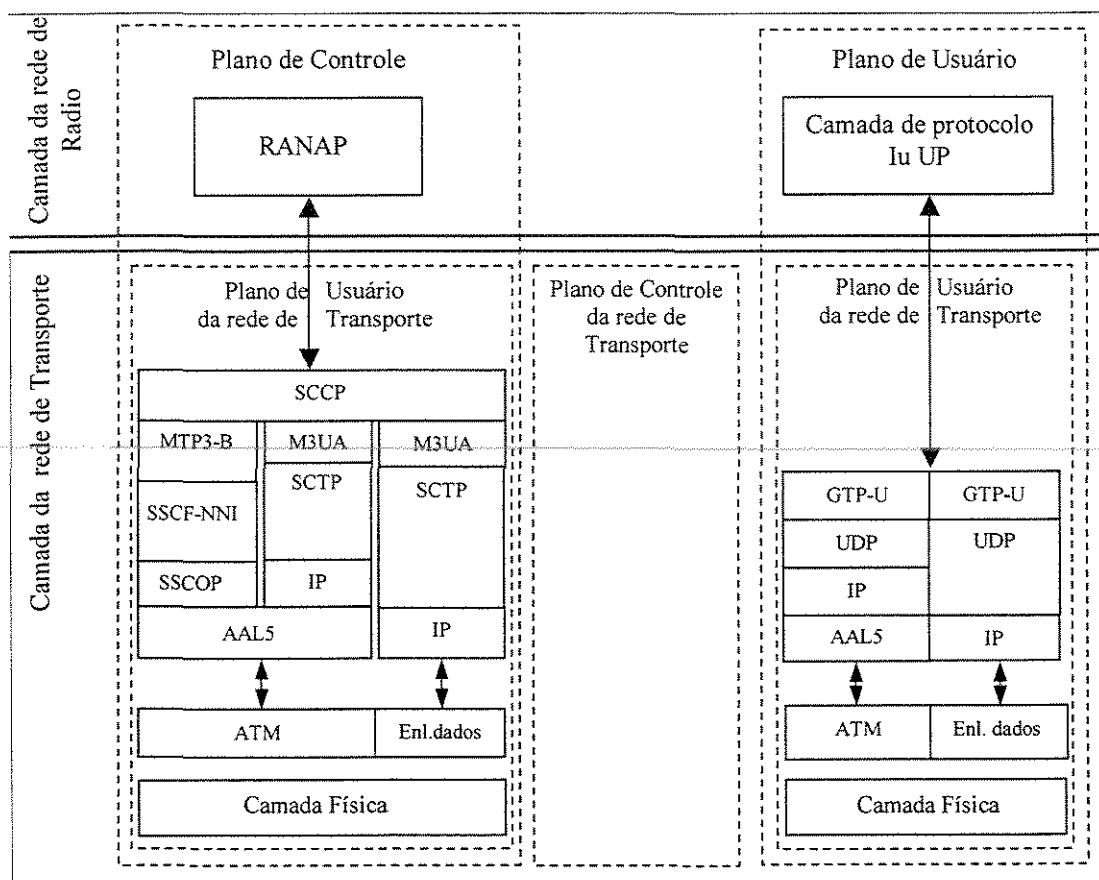


Figura 13: Estrutura de protocolo Iu PS

As camadas SSCF e SSCOP foram projetadas especificamente para transporte de sinalização em redes ATM, e envolvem funções como gerência de conexão de sinalização. AAL5 é utilizado para segmentação de dados para células ATM.

A portadora de sinalização é baseada em IP e consiste de M3UA (SS7 MTP3: User Adaptation Layer), SCTP (Simple Control Transmission Protocol), IP (Internet Protocol), e AAL5 a qual é comum para ambas alternativas. A camada SCTP é especificamente projetada para transporte de sinalização na Internet. [9]

- Pilha de Protocolo do Plano de Controle da rede de transporte Iu-PS

Como todas as mensagens de associação utilizadas no protocolo RANAP contém endereço IP para as duas direções entre a UTRAN e CN, não é necessário a utilização do plano de controle da rede de transporte.

- Pilha de Protocolo do Plano de Usuário Iu PS

Os vários fluxos provenientes de diferentes usuários que chegam na Iu PS através de um dado RNC são multiplexados no Plano de Usuário Iu PS em um ou vários AAL5 [11]. O GTP-U (User Plane part of the GTP) é a camada multiplexadora que provê identidades para fluxos individuais de pacotes de dados. Cada fluxo utiliza transporte UDP e endereçamento IP.

No plano de controle da Iu PS, o protocolo de sinalização que contém todas as informações de controle específicas para a camada de rede de radio é o RANAP (*Radio Access Network Application Part*).

Os serviços oferecidos pelo RANAP podem ser divididos em três grupos [12], baseados nos pontos de acesso de serviço (SAP, *Service Access Point*):

1. Serviços de controle geral, relacionado com uma instância inteira da interface Iu (cada RNC tem uma instância da interface Iu).
2. Serviços de notificação, relacionados a UEs específicos ou UEs de uma determinada área. Esse tipo de funcionalidade é utilizada por exemplo, para a difusão de uma mensagem entre um grupo de UEs que possuem um serviço específico.
3. Serviços de controle dedicados, relacionados a um UE específico.

As funcionalidades do RANAP são implementadas por vários procedimentos elementares, ou EP (Elementary Procedure). Cada função do RANAP pode precisar da execução de um ou mais EPs. Os EPs são localizados no RNS e CN promovendo a interação entre eles. Um EP consiste do envio de uma mensagem inicial e uma possível resposta. Em cada mensagem de sinalização trocada entre o RNS e a CN, um EP atua enviando uma mensagem e recebendo uma possível resposta. A classificação dos tipos de EP é baseada nas possíveis repostas a receber [13]:

- Classe 1: EPs com resposta (*success* e/ou *failure*)

- Classe 2: EPs sem resposta.
- Classe 3: EPs com possibilidade de múltiplas respostas

As funções atribuídas ao RANAP são definidas a seguir [9]:

- Relocação. Relacionada a relocação de SRNS (troca da função de RNS servidor entre dois RNS) e hard handover, incluindo casos de inter-sistemas, por exemplo entre GSM e UMTS.
- RAB (*Radio Access Bearer*). Esta função combina todos os tratamentos de RAB [17], estabelecimento do serviço, modificação das características de um serviço existente e liberação do serviço.
- Liberação de Iu. Libera todos os recursos de uma dada instância da Iu relacionada ao UE específico.
- Relatório de falhas de transmissão de dados. Esta função permite o CN atualizar os registros de falhas com informação da UTRAN caso ocorra falha no envio de dados.
- Gerencia de identificador. Controla o envio do identificador de CN para a UTRAN, para permitir a localização de UEs de diferentes domínios.
- *Paging*. Esta função é utilizada pelo CN para chamar um UE no estado livre para uma solicitação de terminação de serviço UE, como uma chamada de voz. Uma mensagem de *paging* é enviada do CN para o UTRAN com o identificador comum do UE (Id permanente) e a área de *paging*. UTRAN utilizará uma conexão de sinalização existente, para enviar uma mensagem de *page* ou fazer uma difusão da mensagem de *paging* na área requisitada.
- Gerencia de registros. Controla o registro de informações das atividades da UTRAN e CN.
- Transferência de sinalização UE-CN. Esta funcionalidade provê transparência das mensagens de sinalização que são interpretadas pela UTRAN.
- Controle de segurança. Utilizado para ativar ou desativar a verificação de integridade ou cifragem.
- Gerencia de transbordo. Controla o nível de carga sobre a interface Iu para evitar sobrecarga de processamento no CN ou na UTRAN.
- Reinício. Utilizado para reiniciar a interface Iu, em ambos os lados CN ou UTRAN.

- Relatório de localização. Esta funcionalidade permite ao CN receber informações de localização de um dado UE. São incluídos dois procedimentos elementares, um para controle do relatório de localização e outro para enviar o relatório atualizado para o CN.

- **Protocolo do Plano de Usuário Iu**

O protocolo do plano de usuário da Iu foi definido independentemente do domínio do CN. Localizado na camada da rede de rádio, o propósito do protocolo do plano de usuário é levar os dados de usuário relacionado ao serviço de acesso de rádio RAB (*Radio Access Bearer*) sobre a interface Iu. Cada RAB tem sua própria instância do protocolo, fazendo a transferência de dados de usuário além de algumas operações de controle de sinalização.

O Protocolo do plano de usuário opera em dois modos distintos:

- Modo Transparente. Neste modo de operação o protocolo não executa qualquer enquadramento ou controle. É aplicado para o tipo de serviço que não solicita enquadramento, e que necessita de operações completamente transparente.
- Modo de suporte para tamanhos de SDU pré-definidos. Neste modo, o Plano de usuário executa enquadramento dos dados de usuário em segmentos de tamanho pré-definido

4.2.2 As Interfaces Internas UTRAN

Os elementos da rede de acesso UTRAN comunicam-se através de interfaces abertas definidas como Iur para a comunicação entre dois RNCs e Iub para comunicação entre um RNC e um Nó B.

- **A Interface Iur, RNC-RNC**

A conexão lógica que existe entre quaisquer dois RNCs na rede de acesso UTRAN é referenciada como Interface Iur. A Iur é uma interface aberta, permitindo que RNCs de diferentes fabricantes possam ser utilizados em uma mesma UTRAN.

Toda a sinalização entre dois RNCs é feita através da interface Iur, incluindo as sinalizações entre SRNC e DRNC, a troca de funções do RNC. O protocolo de aplicação na camada de rádio da Iur é o RNSAP (*RNS Application Part*), apresentado na Figura 14.

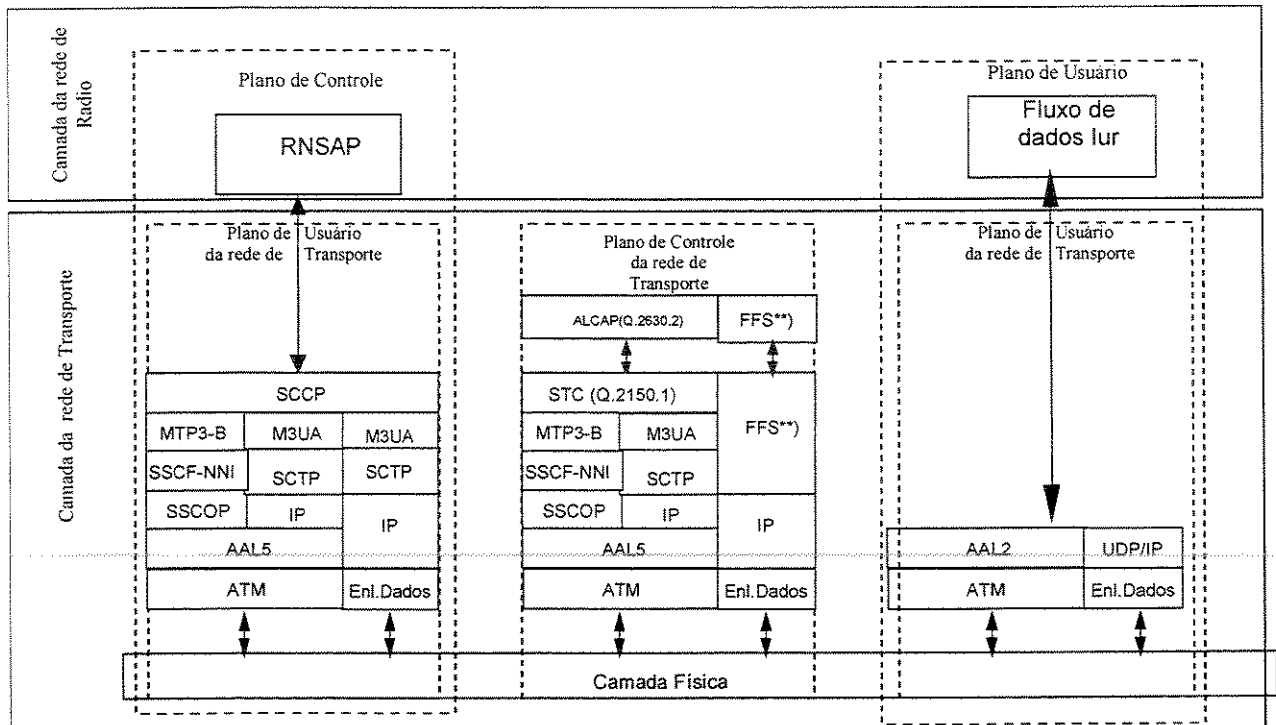


Figura 14: Pilha de Protocolo Iur

O RNSAP está localizado no plano de controle sendo responsável pelas funções de sinalização e controle atribuídas a Iur.

A interface Iur prove quatro funcionalidades diferentes utilizando o protocolo RNSAP:

1. Suporte de mobilidade básica inter-RNC
2. Suporte ao Canal de Tráfego Dedicado DCH
3. Suporte ao Canal Comum de tráfego
4. Suporte ao gerenciamento global de recursos

O protocolo de sinalização da interface Iur RNSAP (*RNS Application Part*) é dividido em quatro módulos diferentes. Em geral, é possível implementar apenas parte das quatro funções da Iur entre os controladores da rede de radio, segundo as necessidades do operador.

- **Suporte da mobilidade básica Inter-RNC**

Esta funcionalidade é implementada pelo módulo básico da sinalização RNSAP [13], permitindo a mobilidade entre dois RNCs, mas não a troca de tráfego de dados de qualquer usuário. Caso este módulo não seja implementado, a interface Iur não existe, e a única forma de conectar ao UTRAN via o RNS1 para utilizar uma célula no RNS2 é desconectar-se temporariamente do UTRAN (liberando a conexão RRC).

As funções providas pelo módulo básico da Iur incluem [17]:

- Suporte a relocação de SRNC
- Suporte a atualização de registro de área inter célula RNC célula e registro na UTRAN
- Suporte a *paging* de pacotes inter-RNC
- Relatório de erros de protocolos

- **Suporte do canal de tráfego dedicado DCH**

Esta funcionalidade é implementada pelo módulo de canal de sinalização dedicado RNSAP e permite canal dedicado entre dois RNCs. Mesmo se a necessidade inicial para esta funcionalidade é suportar o estado de *soft handover*, ele também permite a fixação do SRNC para todo o tempo que o usuário estiver utilizando canais dedicados, comumente por tanto tempo quanto o usuário tiver uma conexão ativa no domínio de comutação por circuito.

As funções providas pelo módulo Iur DCH são:

- Estabelecimento, modificação e liberação do canal dedicado no DRNC.
- Estabelecimento e liberação das conexões do transporte dedicado através da interface Iur.
- Transferência de blocos de transporte de canal dedicado entre SRNC e DRNC
- Gerência de *links* de rádio no DRNS, via procedimentos de relatório de medidas dedicadas e procedimentos de configuração de potência.

- **Suporte do canal de tráfego comum**

Esta funcionalidade permite o tratamento de canais comuns e compartilhados de fluxo de dados através da interface Iur. Ela requer o módulo de canal comum de transporte

do protocolo RNSAP e o protocolo de estrutura de transporte de canal comum. O protocolo de sinalização Q.2630.1 do plano de controle da rede de transporte é também preciso se conexões de sinalização das camadas AAL2 são utilizadas.

As funções providas pelo módulo de transporte do canal comum são:

- Estabelecimento e liberação de conexões de transporte através da interface Iu para canais comuns de fluxo de dados.
- Divisão da camada MAC entre o SRNC e o DRNC.
- Controle de fluxo entre canais lógicos do SRNC e DRNC.

- **Suporte da Gerência global de recursos**

Os recursos de rádio e funcionalidades de O&M utilizam o serviço desta funcionalidade através da interface Iur. A gerência global de recursos é implementada via o módulo global do protocolo RNSAP, e não requer qualquer protocolo do plano de usuário, desde que não haja transmissão de dados através da interface Iur. Esta função é considerada opcional.

As funções providas pelo módulo de recurso global são:

- Transferência de medidas de célula entre dois RNCs.
- Transferência de informações de tempo do *Nó B* entre dois RNCs.

- **A Interface Iub (RNC-Nó B) e a sinalização NBAP**

A interface entre um RNC e um Nó B é a Iub. A Iub permite negociações de recursos de rádio entre o RNC e Nó B, bem como suporta o controle de canais de transporte, e suporta atividades de operação e manutenção.

Os canais de transporte controlados pelo RNC são mapeados no protocolo de aplicação do plano de usuário como apresentado na Figura 15.

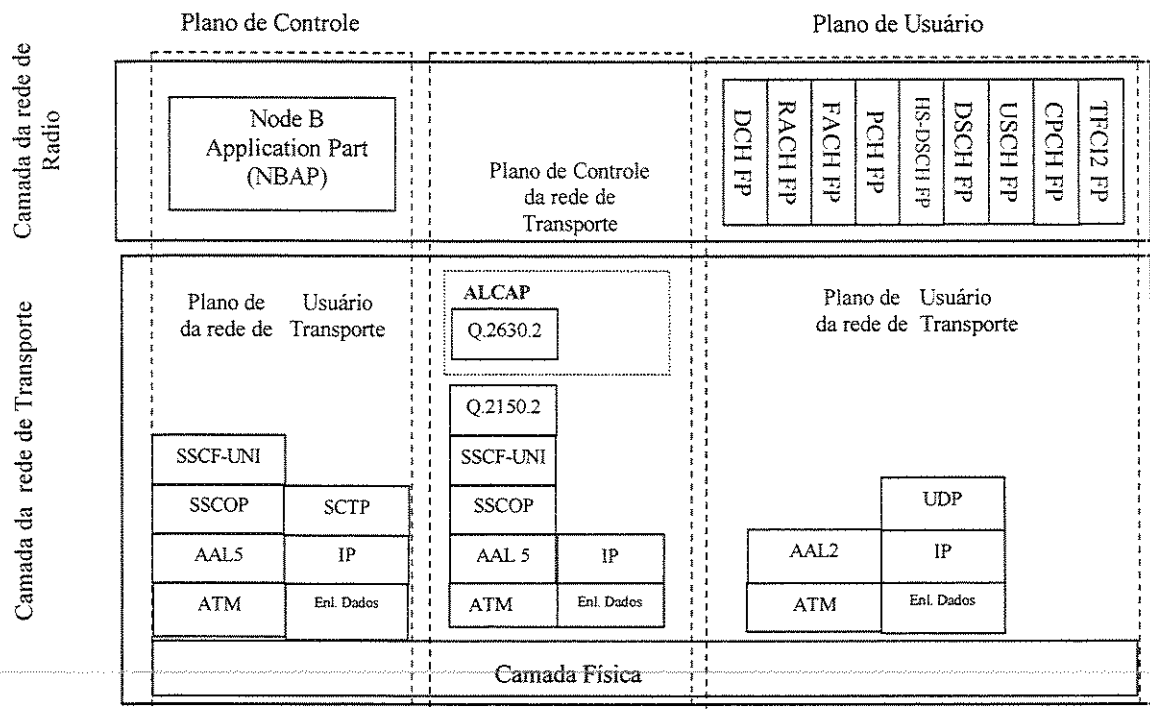


Figura 15: Pilha de protocolo da interface Iub

O protocolo de aplicação da camada de rede NBAP é responsável pelo suporte aos procedimentos de configuração, gerência de recursos, tratamento da camada de enlace de rádio e algumas outras funções descritas em [14] relativas ao controle do Nó B pelo RNC.

A fim de entender a estrutura da interface Iub, é necessário introduzir o modelo lógico do Nó B, apresentado na Figura 16. Esta figura consiste de uma porta de controle comum e um conjunto de pontos de terminação de tráfego, cada um controlado por um número de móveis tendo recursos dedicados no Nó B, e o tráfego correspondente é conduzido através das portas de dados dedicadas.

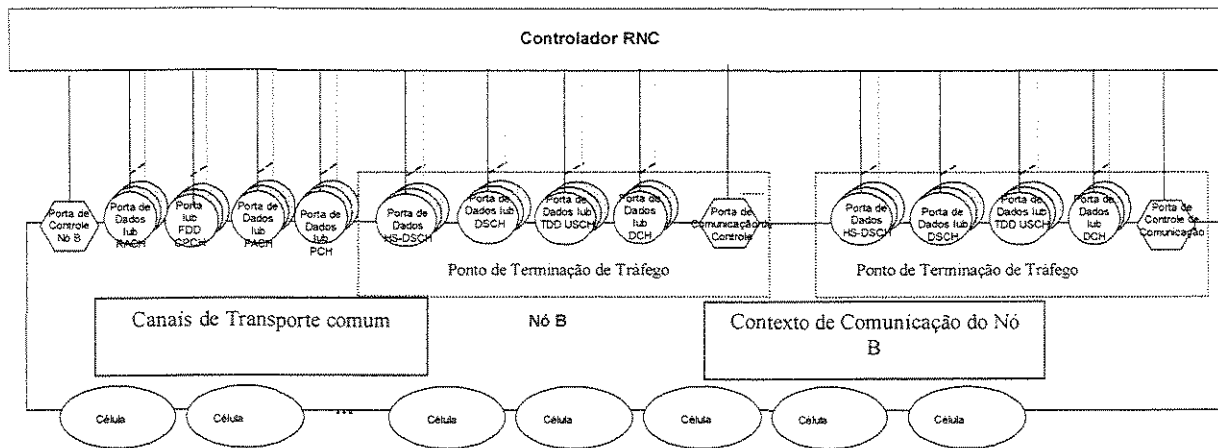


Figura 16: Modelo lógico do Nó B para FDD

Não existe relação entre as células e o ponto de terminação de tráfego. Uma célula pode ser controlada por mais de um ponto de terminação de tráfego, e um ponto de tráfego pode controlar mais de uma célula.

A interface de sinalização Iub é dividida em dois componentes principais do NBAP:

- **NBAP comum e o O&M lógico**

Os procedimentos do NBAP comum (C-NBAP) são utilizados para sinalização que não é relacionada a um contexto de UE específico que já exista no Nó B. Em particular, o CNBAP define todos os procedimentos para o O&M lógico do Nó B, como configuração e gerência de falhas.

- **O NBAP dedicado**

Quando um RNC solicita o primeiro enlace de rádio para um UE via o procedimento de estabelecimento de enlace de rádio C-NBAP, o Nó B associa um ponto de terminação de tráfego para o tratamento deste contexto de UE. Cada sinalização subsequente relacionada a este usuário móvel é trocada através procedimento do NBAP dedicado (D-NBAP) através da porta de controle dedicada do dado ponto de terminação de tráfego.

4.3 Camada física da interface aérea UTRAN-UE

A camada física da interface aérea em sistemas móveis sem fio é sem dúvida, um dos principais pontos de complexidade e escassez de recursos do sistema. A transmissão através do meio aéreo é caracterizada por altas taxas de erro de bit, associada com os altos índices de interferência, a qual o sinal transmitido está sujeito. O desempenho do sistema está relacionado diretamente com a camada física, que naturalmente depende da relação sinal ruído, a definição dos canais de acesso e dos protocolos das camadas superiores.

Os pacotes gerados por usuários móveis na UTRAN são mapeados em canais de transporte, os quais são mapeados na camada física em diferentes canais físicos. A camada física é necessária para dar suporte a canais de transporte com taxas de bit variáveis para oferecer serviços de largura de banda por demanda, e para possibilitar a multiplexação de vários serviços para uma conexão. A utilização por demanda é mais eficiente que a alocação fixa de banda por apenas utilizar o sistema quando necessário.

Para garantir a utilização por demanda, os canais são acompanhados por um indicador TFI (Transport Format Indicator) em cada evento de utilização. O TFI é um rótulo indicador do formato dos pacotes que virão das camadas superiores.

A camada física combina informações de TFI de diferentes canais de transporte para o TFCI (Transport Format Combination Indicator). O TFCI é transmitido no canal de controle físico para informar o receptor cujos canais de controle estão ativos para o quadro atual. O TFCI é decodificado apropriadamente no receptor e o TFCI resultante é dado para camadas mais altas para cada um dos canais de transporte que pode estar ativo para a conexão. Na Figura 17 dois canais de transporte são mapeados para um único canal físico, e também um indicador de erro é associado a cada bloco de transporte.

Um canal de controle físico e um ou mais canais de dados físicos formam um único canal codificado de transporte denominado CCTrCh (Coded Composite Transport Channel). Pode existir mais de um CCTrCh em uma dada conexão, mas apenas um canal de controle da camada física é transmitido por vez.

Existem dois tipos de canais de transporte: canais dedicados e canais comuns. A principal diferença entre eles é que os canais dedicados atendem apenas um usuário, já os canais comuns podem ser compartilhados por mais de um usuário.

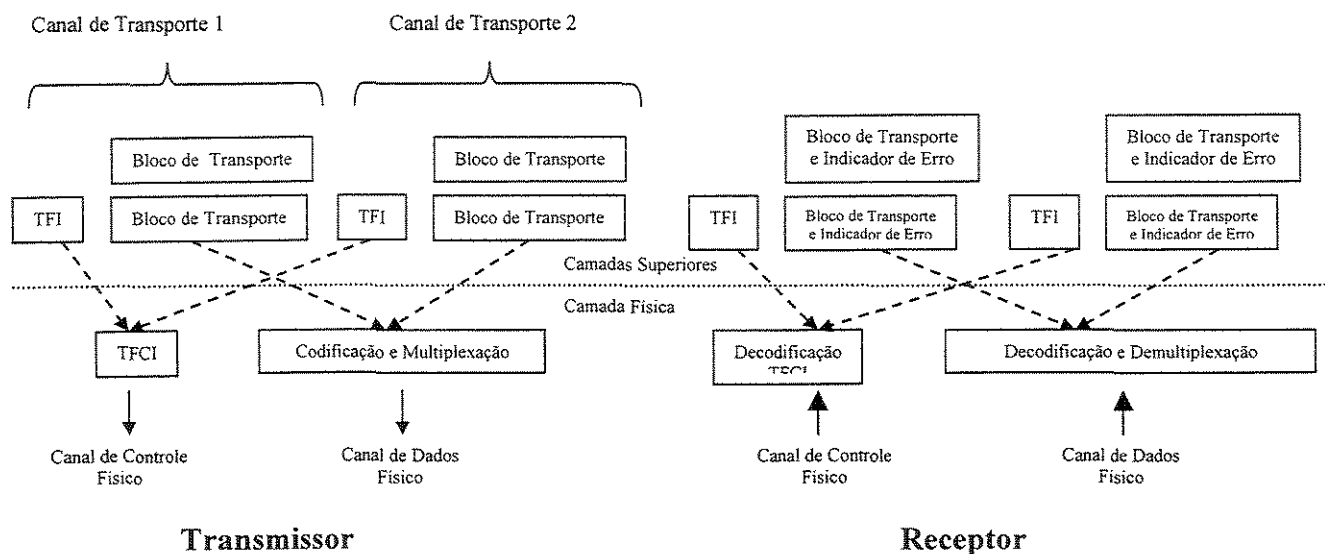


Figura 17: A interface entre as camadas altas e a camada física. [9]

Existe apenas um canal dedicado na camada física de UMTS, como descrito abaixo:

- **DCH (*Dedicated Channel*) - Canal de Transporte Dedicado [15]:**

O DCH transporta toda a informação vinda de camadas superiores direcionada para um determinado usuário, incluindo dados para o serviço em utilização. O conteúdo da informação transportada no DCH não é visível para a camada física. Assim sendo, informações de controle de camadas superiores e dados de usuários são tratadas de maneira semelhante. Os parâmetros da camada física configurados pela UTRAN podem variar entre controle e dados.

Os canais de transporte comum são:

- **Canal de Difusão**

Para transmitir informações para os elementos da rede UTRA ou mesmo para uma célula específica é utilizado o canal de difusão. As informações que são transmitidas neste canal são utilizadas pelos usuários para registros nas células, reSeleção de canal e para funções essenciais como autenticação e cifragem de dados.

- **Canal de Acesso Direto (Forward Access Channel)**

O canal de acesso direto ou FACH (Forward Access Channel) é um canal de acesso na direção da célula para o usuário móvel, que transporta informações de controle para localização de terminais em uma determinada célula. É possível a existência de mais de um FACH em uma célula, sendo possível a transferência de dados. A taxa de transmissão de dados deve ser reduzida em pelo menos um dos FACH, para que seja possível que todos os terminais recebam os dados corretamente. Quando existem terminais na rede com diferentes taxas de recepção, logo neste caso a taxa é reduzida para o menor valor de vazão entre os valores de todos os terminais.

- **Canal de *Paging***

As informações relevantes para o procedimento de acesso a um terminal são transportadas pelo PCH (*Paging Channel*). Os terminais devem ser capazes de receber mensagens de *paging* em toda a área da célula. O acesso ao canal de *paging* influencia no consumo de bateria do terminal móvel, que depende da política de acesso ao canal. Quanto menor a frequência de acesso ao canal de *paging*, maior será a duração da bateria em modo de espera.

- **Canal de Acesso Randomico**

As informações de controle para o equipamento do usuário móvel são transportadas pelo canal de acesso randômico ou RACH (*Random Access Channel*). O RACH é um canal de transferência de dados no sentido equipamento do usuário móvel para a célula, que pode ser utilizado para enviar pequenas quantidades de pacotes de dados do terminal para rede. Para o adequado funcionamento do sistema todas as células da área de cobertura desejada devem escutar o canal RACH. Assim o RACH deve ter uma taxa de dados reduzida, pelo menos para os procedimentos de controle e acessos iniciais ao sistema.

- **Canal Comum de Uplink de Pacotes**

O Canal Comum de Uplink de Pacotes, ou CPCH (Uplink Commom Packet Channel), é uma extensão do canal RACH. Sua função é transportar dados de usuário baseados em pacotes na direção *uplink*. O canal de transporte dos dados na direção *downlink* chama-se FACH.

- **Canal Compartilhado de *Downlink***

Os dados de usuário dedicados ou informações de controle são transportados pelo Canal Compartilhado de *Downlink*, ou DSCH (Downlink Shared Channel). O DSCH compartilhado suporta a utilização de controle rápido de potência. O DSCH não precisa ser inteligível por toda a área de cobertura e pode acionar os diferentes modos dos métodos de diversidade de transmissão da antena que são utilizados associados com o DCH.

4.3.1 Mapeamento dos Canais de Transporte nos Canais físicos

Os canais de transporte são mapeados na camada física através dos canais físicos. A relação do mapeamento nem sempre é um canal de transporte para um canal físico. Pode ocorrer de um canal de transporte ser mapeado em mais de um canal físico, ou mesmo mais de um canal de transporte ser mapeado em um mesmo canal físico.

Alguns canais físicos transportam informações relevantes para os procedimentos da camada física, e alguns deles não são visíveis para as camadas superiores, como por exemplo o canal de sincronização ou SCH (*Synchronizations Channel*), o canal piloto comum ou CPICH (*Common Pilot Channel*) e o canal de indicação de aquisição ou AICH (*Acquisition Indication Channel*). O canal de indicação de estado do CPCH ou CSICH (*CPCH Status Indication Channel*) e o canal de indicação de detecção de colisão e de indicação de associação de canal ou CD/CA-ICH (*Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel*) devem ser utilizados quando o CPCH for utilizado.

A Figura 18 apresenta o mapeamento dos canais de transporte em canais físicos. Observa-se na Figura 18 que o DCH é mapeado em dois canais físicos: o DPDCH (*Dedicated Physical Data Channel*) e o DPCCH (*Dedicated Physical Control Channel*). O DPDCH transporta informações de camadas superiores, incluindo dados de usuário enquanto o DPCCH transporta as informações de controle necessárias na camada física.

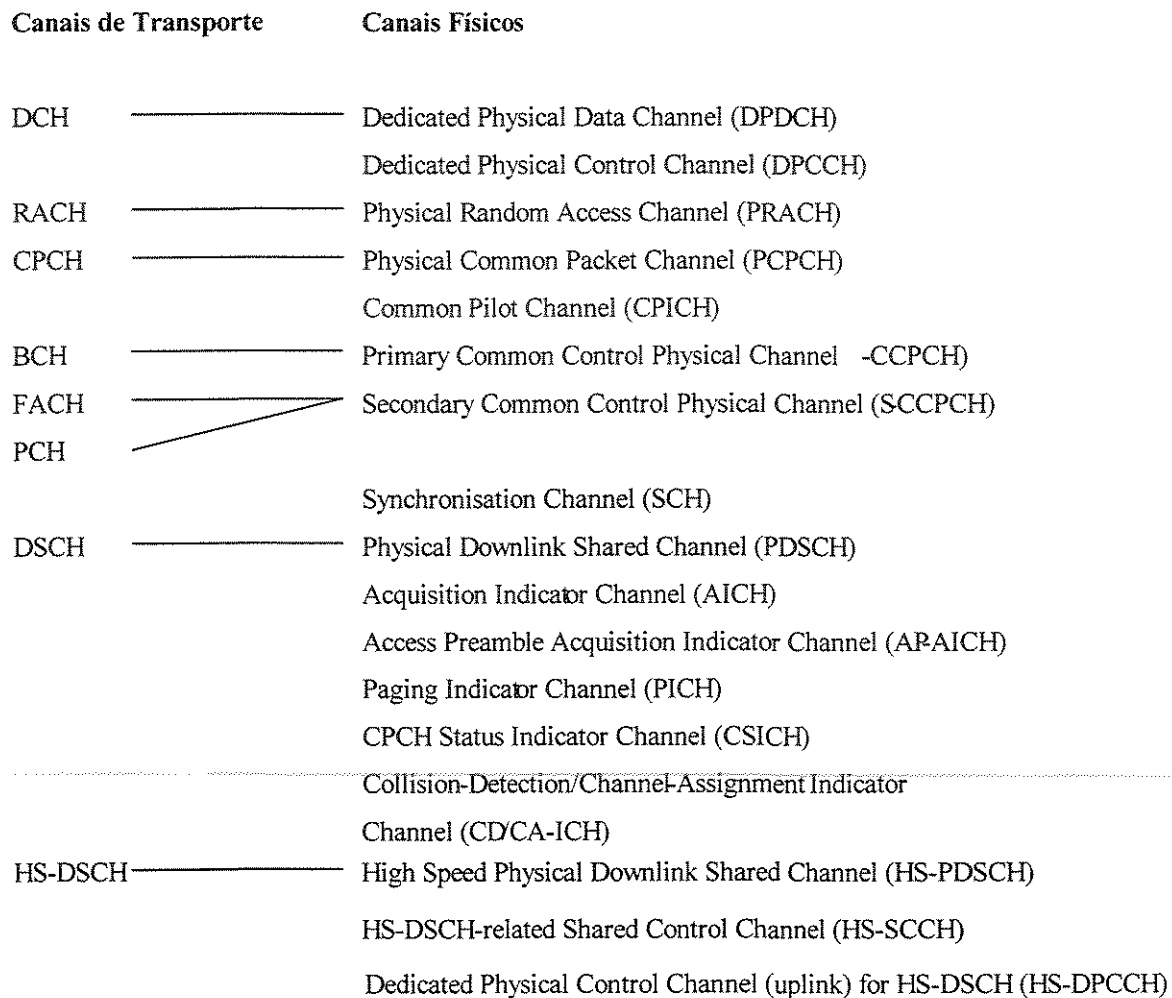


Figura 18: Mapeamento dos Canais de Transporte nos Canais físicos [15]

4.3.2 Protocolos da Interface de Radio

Na interface aérea um conjunto de protocolos é responsável por operações de estabelecimento de serviços, negociação de Qualidade de serviço, modificação do serviço e liberação dos recursos utilizados por um serviço já finalizado. Os protocolos da interface aérea, são divididos em três camadas, como apresentado na Figura 19:

- A camada física (L1)
- A camada do enlace de dados (L2)
- A camada de rede (L3)

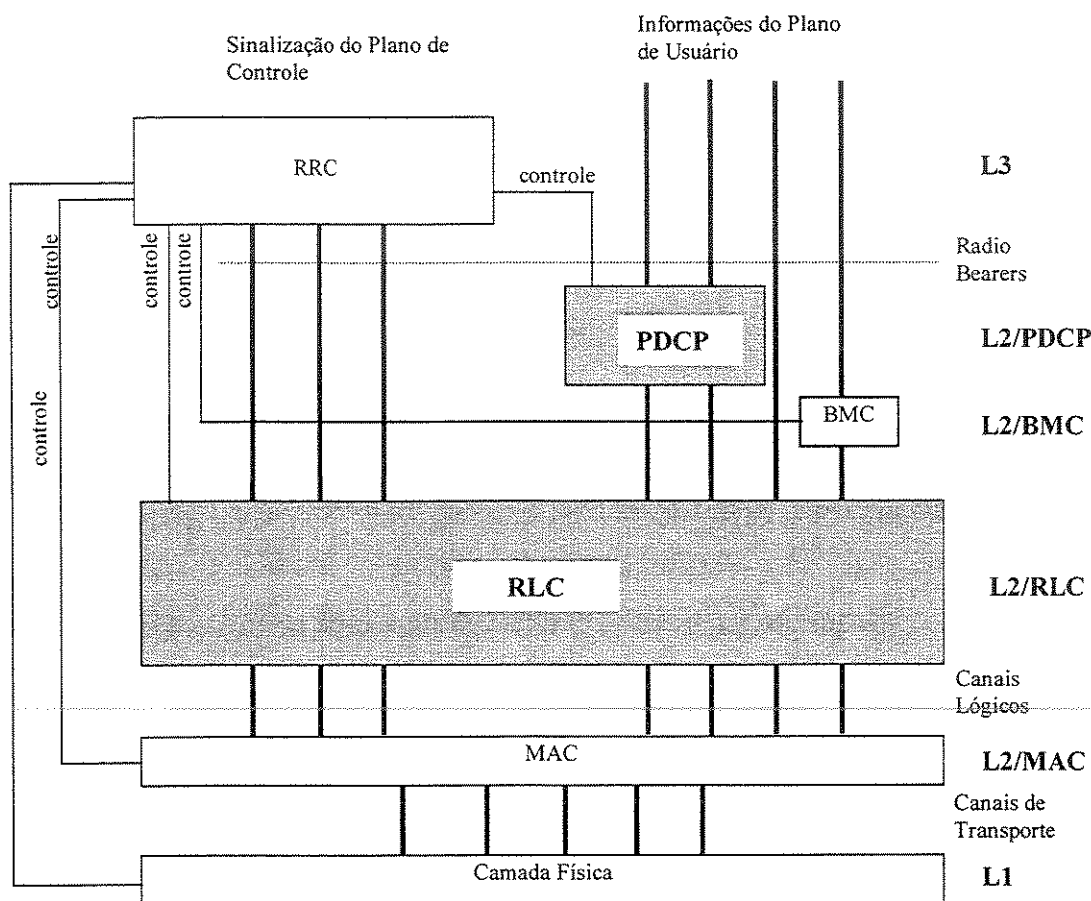


Figura 19: Arquitetura do protocolo de interface de rádio [16]

A camada física oferece serviços de transferência de informações para camadas superiores sendo que as características dos serviços de transporte são definidas de acordo com o formato com que os dados devem ser transmitidos.

A camada de enlace de dados (L2) executa uma série de funções, sendo dividida em protocolos de acordo com o tipo de função a exercer (Figura 19):

- MAC (*Medium Access Control*), protocolo de acesso ao meio que oferece serviços para a camada RLC por meios de canais lógicos.
- RLC (*Radio Link Control*), protocolo de controle do enlace de rádio que oferece serviços para as camadas superiores via os SAPs (*Service Access Points*). Os pontos de acesso a serviço descrevem como a camada RLC trata os pacotes de dados, como por exemplo, se a função ARQ (*Automatic Repeat Request*) é utilizada ou não. No plano de controle, os serviços RLC são utilizados por camadas de protocolos de

serviço específicas PDCP ou BMC ou por outra função de camadas superiores do plano de usuário.

O protocolo RLC pode operar em três modos diferentes: *transparent*, *unacknowledged* ou *acknowledge*.

- BMC (*Broadcast/Multicast Control*), protocolo de controle de difusão, utilizado para conduzir mensagens de difusão para as células do sistema.
- PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*), protocolo de convergência de dados, existe apenas no contexto de comutação por pacotes. Sua função principal é compressão de cabeçalho. Os serviços oferecidos pelo PDCP são chamados *Radio Bearers*.

A camada de rede (L3) gerencia os recursos de rádio e a Qualidade de serviço, sendo composta por apenas um protocolo:

- RRC (*Radio Resource Controller*), protocolo de gerencia de recursos rádio.

4.3.2.1 O Protocolo MAC

O Protocolo MAC entre outras funções é responsável por fazer o mapeamento entre os canais lógicos e canais de transporte [4]. A camada MAC também é responsável por configurar e selecionar o formato do transporte para cada um dos canais de transporte dependendo da taxa da fonte do canal lógico.

O protocolo MAC é dividido em três entidades lógicas (Figura 19), onde cada uma delas trata grupos de canais de transporte com algum tipo de afinidade.

As divisões da camada MAC são (Figura 20):

- MAC-b trata do canal BCH. Existe uma entidade MAC-b em cada UE e uma MAC-b na UTRAN para cada célula.
- MAC-c/sh trata os canais comuns e compartilhados, os quais são: PCH, FACH, RACH, CPCH e DSCH. Existe uma entidade MAC-c/sh no UE que utiliza um canal dedicado, e uma entidade na UTRAN para cada célula.
- MAC-d é responsável pelo tratamento dos canais dedicados DCH, alocado para um UE em modo de conexão. Existe uma entidade MAC-d no UE e uma no UTRAN para cada UE.

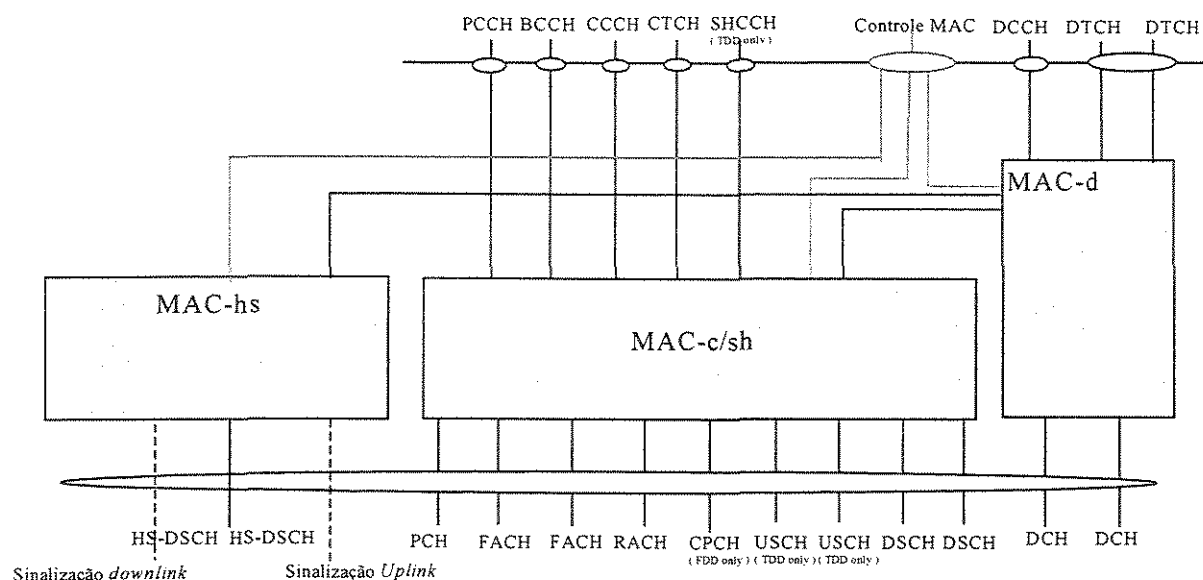


Figura 20 : Arquitetura da camada MAC [20]

Outra função da camada MAC é a seleção do formato de transporte próprio para cada canal dependendo da taxa instantânea da fonte de dados. Dado o conjunto de combinações dos formatos de transportes designados pelo RRC, a camada MAC seleciona o formato de transporte próprio entre o conjunto de formatos de transporte designado para o canal de transporte ativo dependendo da taxa da fonte. O controle dos formatos de transporte assegura o uso eficiente dos canais de transporte.

Além das funções já mencionadas o protocolo MAC também é responsável por [9]:

- Tratamento de prioridade entre fluxo de dados para um UE. Quando selecionando entre as combinações de formato em um dado conjunto de combinações de formatos de transporte, prioridade pode ser dada ao tratamento do mapeamento do fluxo de pacotes baseado em alguns fatores como os serviços de *Radio Bearer*.
- Tratamento de prioridade entre UEs por meios de um escalonamento dinâmico. A fim de utilizar os recursos de espectro eficientemente para rajadas de transferência, uma função de agendamento dinâmico pode ser aplicada. O protocolo MAC faz o tratamento de prioridade nos canais de transporte comuns e compartilhados.
- Identificação de UEs em canais de transporte comuns. Quando um determinado UE é endereçado em um canal comum de *downlink*, ou quando um UE utiliza o RACH, existe uma necessidade de identificação da banda utilizada pelo UE. Dado que a

camada MAC trata o acesso e a multiplexação nos canais de transporte, a funcionalidade de identificação está associada a camada MAC.

- Multiplexação/Demultiplexação de PDUs das camadas superiores em blocos entregues para a camada física em canais de transporte comuns. A camada MAC deve suportar serviços de multiplexação para canais de transporte comuns, considerando que a camada física não suporta multiplexação desses canais.
 - Multiplexação/Demultiplexação de PDUs das camadas superiores em conjuntos de blocos entregues para canais de transporte dedicados na camada física. A camada MAC permite serviços de mutiplexação para canais de transporte dedicados. Esta função pode ser utilizada quando vários serviços de camadas superiores podem ser mapeados eficientemente no mesmo canal de transporte. Neste caso, a identificação da multiplexação está contida nas informações de controle da camada MAC.
 - Medidas de volume de Tráfego. Medidas de volume de tráfego em canais lógicos e reportados para o RRC.
-
- Cifragem
 - Seleção de classe de acesso de serviço para transmissão do RACH e CPCH. Os recursos do RACH e CPCH podem ser divididos entre diferentes classes de acesso de serviço a fim de prover prioridades diferentes de uso dos canais RACH e CPCH.

4.3.2.2 O Protocolo RLC

O protocolo RLC provê segmentação e retransmissão da pilha de protocolos para o plano de controle. O protocolo RLC é previsto para funcionar em três modos: modo *transparent* ou TM (*Transparente Mode*), modo *unacknowledged* ou UM (*Unacknowledged Mode*) ou modo *acknowledged* ou AM (*Acknowledged mode*). O serviço prestado no plano de controle é chamado *Signalling Radio Bearer (SRB)*. No plano de usuário o serviço provido pela camada RLC é chamado apenas de *Radio Bearer (RB)*.

Os três tipos de entidades e suas conexões aos pontos de acesso de serviço a camada RLC e aos canais lógicos da camada MAC podem ser vistos na Figura 20 [17].

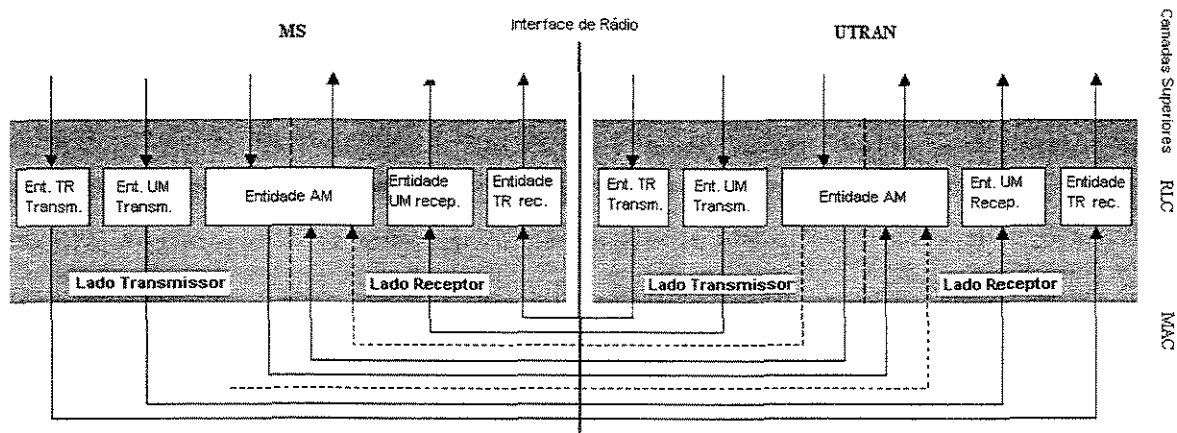


Figura 20: Arquitetura da Camada RLC [17]

Para todos os modos das entidades da camada RLC, a verificação de erros é feita na camada física e devolvida para a camada RLC.

Os três modos da camada RLC são descritos abaixo:

- No modo TM (*Transparent Mode*) não existe *overhead* adicional dos dados das camadas superiores. PDUs com erro podem ser descartadas ou marcadas como errôneas.
- No modo UM, não existe garantia da entrega de dados, já que nenhum protocolo de retransmissão é utilizado. Dados errados, são descartados ou marcados. No lado do transmissor, um descarte a base de temporização é aplicado, assim as SDUs do RLC que não são transmitidas dentro de um determinado tempo são simplesmente removidas da transmissão do *buffer*.
- No modo AM um mecanismo de ARQ (*Automatic Repeat Request*) é utilizado para correções de erros. A qualidade versus atraso da performance do RLC pode ser controlado pelo RRC através de configurações do número de retransmissões providas pelo RLC. No caso do RLC ser incapaz de entregar os dados corretamente, a camada superior é notificada e a SDU da RLC é descartada. O modo acknowledged é bidirecional e capaz de aproveitar uma indicação de estado do *link* na direção oposta nos dados de usuário. O RLC pode ser configurado para a entrega em sequência ou fora da sequência. Com a entrega em sequência a ordem das PDUs das camadas superiores é mantida, enquanto que na entrega fora de sequência as PDUs das camadas superiores são transferidas tão rápido quanto elas chegam, como

não há garantia da ordem de chegada, a entrega fica fora de sequência. Um exemplo onde o uso do modo RLC *acknowledged* é comum, é na navegação na Internet e *download* de e-mails. O RLC *unacknowledged* pode ser utilizado para aplicações de áudio e vídeo unidirecionais.

Além das funções já descritas anteriormente a camada RLC ainda é responsável por:

- Segmentação e Remontagem das PDUs de camadas superiores de comprimento variável em PUs (RLC *Payload Units*) menores. Uma PDU RLC transporta uma PU de tamanho configurado segundo a menor taxa de bit para o serviço em uso na entidade RLC. Assim, para serviços de taxa variável, é necessário transmitir várias PDUs RLC durante um intervalo de tempo de transmissão quando qualquer taxa de bit superior que a menor é utilizada.
- Concatenação, caso o conteúdo de uma SDU RLC não preencha um número integral de PUs, o primeiro segmento da próxima SDU RLC pode ser colocada na PU RLC em concatenação com o último segmento da última SDU RLC.
- *Padding*, quando a concatenação não é aplicada e os dados restantes a serem transmitidos não preenchem uma RLC PDU de um determinado tamanho, o resto dos campos de dados é preenchido com bits *padding*, que são bits adicionais para acomodar o resto dos dados.
- Transferência de dados de usuário nos modos: *transparent*, *acknowledge* e *unacknowledge*. A transferência de dados de usuários é controlada por configuração de parâmetros de qualidade de serviço.
- Correção de erros através da retransmissão em modo *acknowledged*.
- Entrega em sequência das PDUs das camadas superiores, garantindo a ordem de entrega, independente da ordem entregue.
- Detecção de duplicidade quando uma PDU RLC é recebida em duplicidade e garante que a PDU RLC será entregue apenas uma vez.
- Controle de fluxo da taxa na qual a entidade RLC transmissora pode enviar informações.
- Verificação de sequência de número (Em modo de transferência de dados *unacknowledged*) garante a integridade das PDUs remontadas e provê meios para a detecção de SDUs RLC através da verificação da sequência de números nas PDUs

RLC quando são remontadas em uma SDU RLC. Uma SDU RLC corrompida é descartada.

- Detecção e recuperação de erros na operação do protocolo RLC.

4.3.2.3 O Protocolo PDCP

O protocolo PDCP (Packet Data Convergence Protocol) existe apenas no plano de usuário considerando apenas o domínio de comutação por pacotes ou PS (*Packet Switch*). O PDCP contém métodos de compressão de dados, para aumentar a eficiência do espectro na transmissão de pacotes através da interface aérea.

O protocolo PDCP tem como função:

- Compressão das informações de controle do protocolo de redundância na entidade de transmissão, e descompressão na entidade de recebimento. O método de compressão de cabeçalho é específico para a camada de rede particular, camada de transporte ou combinações de protocolos de camadas superiores.
- Transferência de dados de usuário. Isto significa que o PDCP recebe uma SDU PDCP e a encaminha para a entidade RLC própria e vice-versa.

Cada domínio PS RAB (*Radio Access Bearer*) é associado com um RB (*Radio Bearer*), ao qual é associado com uma entidade PDCP. Cada entidade PDCP é associada a uma ou duas entidades RLC na característica RB e modo RLC. As entidades PDCPs são localizadas na subcamada PDCP.

Cada entidade PDCP utiliza tipos diferentes de protocolos de compressão de cabeçalho. Várias entidades podem ser definidas por uma UE (Figura 21) com cada uma utilizando o mesmo tipo ou tipos diferentes de protocolos. Nesta versão da especificação, apenas dois tipos de protocolos de compressão de cabeçalho são suportados RFC 2507 [IETF RFC 2507: "*IP Header Compression*"] e RFC 3095 [IETF RFC 3095: "*Robust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed*".]

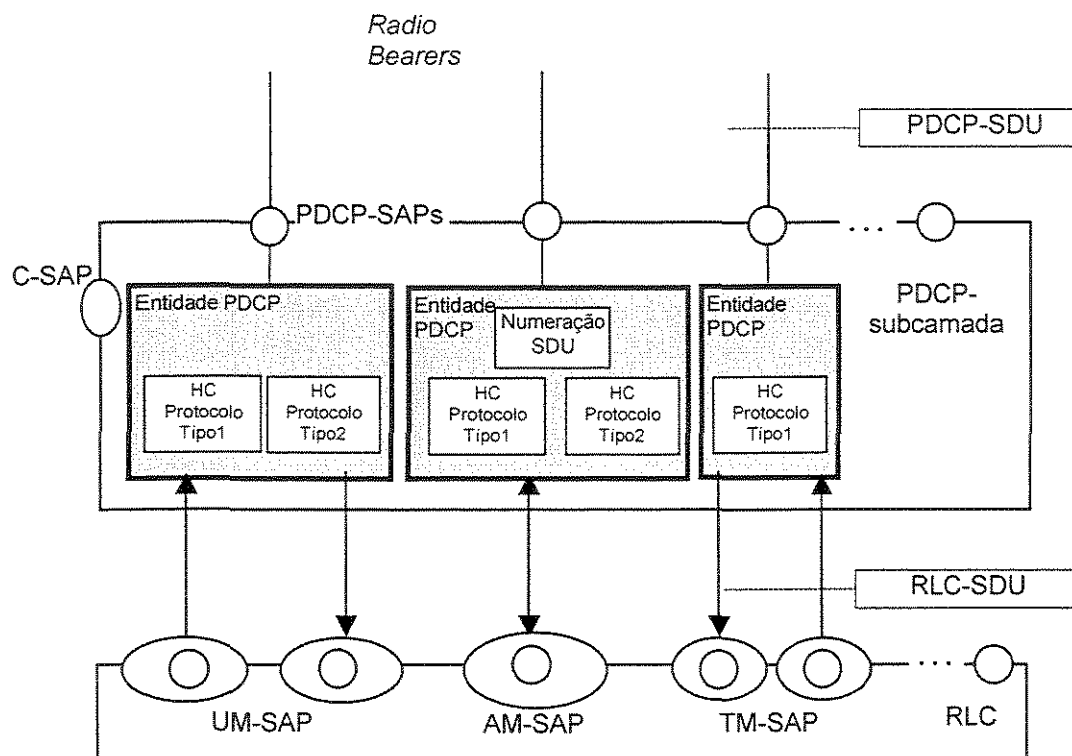


Figura 21: Arquitetura do protocolo PDCP dentro da arquitetura do protocolo da interface do rádio. [4]

4.3.2.4 O Protocolo BMC

O protocolo BMC [18] (*Broadcast/Multicast Control Protocol*) é um protocolo da camada 2, que só existe no plano de usuário. Este protocolo é projetado para adaptar os serviços *broadcast/multicast*, originalmente do domínio de difusão, na interface de rádio. A subcamada 2 BMC é assumida como transparente por todos os serviços exceto por *multicast/broadcast*.

A Figura 22 mostra o modelo da subcamada 2 BMC na arquitetura de protocolo de radio UTRAN. No lado da UTRAN, a subcamada BMC deve consistir de uma entidade de protocolo BMC por célula. Cada entidade BMC requer um simples canal comum de tráfego, o qual é provido pela camada MAC, através da camada RLC. O BMC requer o serviço de RLC *unacknowledged mode*.

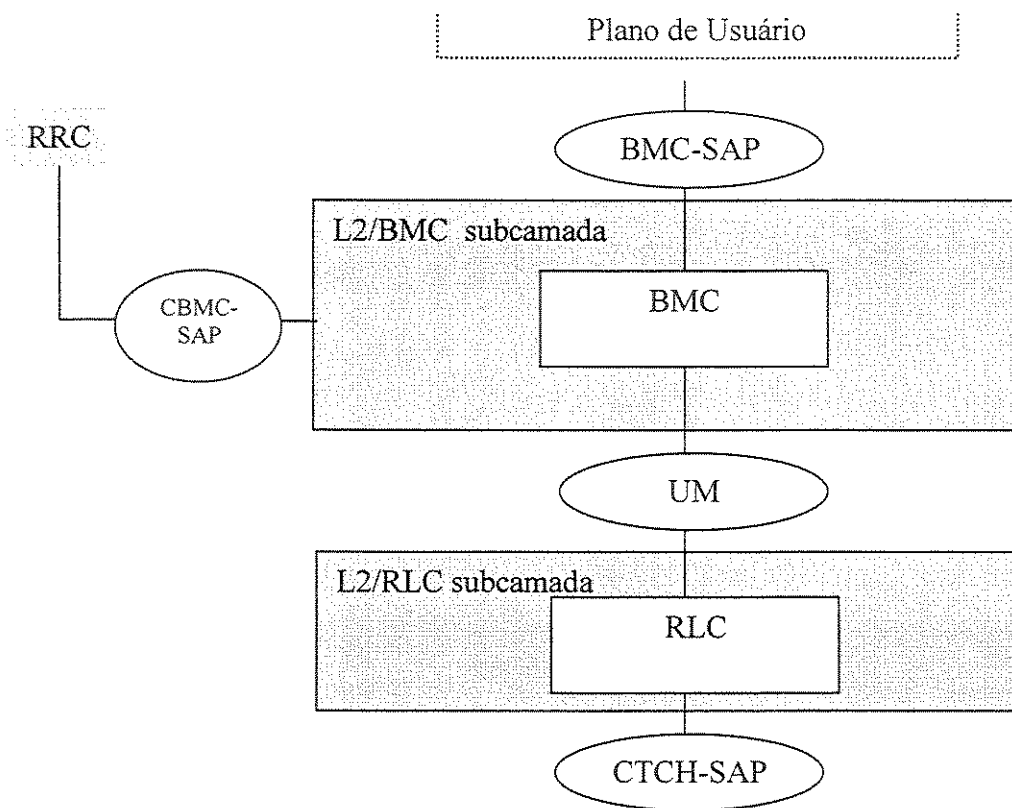


Figura 22: Modelo do protocolo BMC

As funções atribuídas ao protocolo BMC são:

- Armazenamento das mensagens de difusão das células. O BMC no RNC armazena as mensagens de difusão recebidas na interface CBC-RNC para transmissões agendadas.
- Monitoramento do volume de tráfego e requisição de recursos para CBS. No lado da UTRAN, o BMC calcula a taxa de transmissão de requisição para os serviços de Broadcast baseados em mensagens recebidas na interface CBC-RNC.
- Agendamento de mensagens BMC. O BMC recebe informações de agendamento junto com cada mensagem de Broadcast na interface CBC-RNC. Baseado nesta informação de escalonamento, o BMC gera mensagens e seqüências de mensagens. No lado do UE, o BMC calcula as mensagens e indica parâmetros de agendamento para o RRC, as quais são utilizadas pelo RRC para configurar as camadas inferiores para recepção descontínua de CBS.
- Entrega de mensagens de difusão para camadas superiores. Esta função do UE entrega e recebe mensagens difusão não corrompidas para camadas superiores.

4.3.2.5 O Protocolo RRC

O protocolo RRC (*Radio Resource Control*) transporta em suas mensagens boa parte da sinalização de controle entre o UE e UTRAN [19],[20] . As mensagens do protocolo RRC transportam todos os parâmetros necessários para estabelecer, modificar, liberar as entidades de protocolo das camadas 1 e 2. As mensagens RRC transportam em sua *payload* toda sinalização das camadas superiores (MM, CM, SM, ect) e a mobilidade do equipamento de usuário no modo conectado pela sinalização do RRC.

O protocolo RRC é composto por 3 elementos principais (Figura 23) [20]:

- DCFE (*Dedicated Control Function Entity*): Trata todas as funções e sinalização específica para um UE. No SRNC existe uma entidade DCFE para cada UE.
- PNFE (*Paging and Notification control Function Entity*): Trata *paging* de UEs em modo livre.
- BCFE (*Broadcast Control Channel Function Entity*): Trata a difusão da informação do sistema. Existe pelo menos um BCFE para cada célula no RNC.

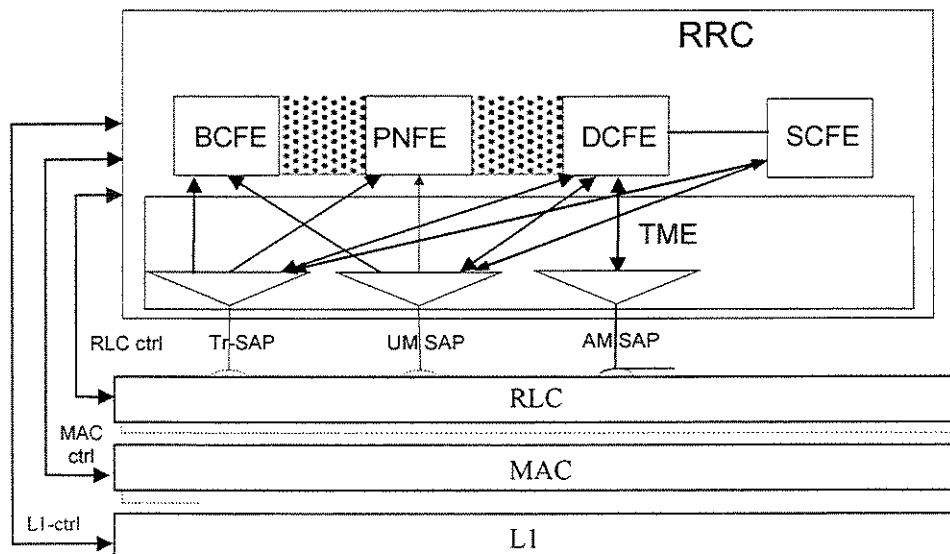


Figura 23: Arquitetura da camada RRC [20]

O protocolo RRC trata a parte principal do controle da sinalização entre os UEs e a UTRAN. Muitas das funções do protocolo RRC são executadas pelo algoritmo RRM (*Radio Resource Management*), mas desde que a informação é transportada pelas mensagens da camada RRC, as especificações listam as funções como parte do protocolo RRC [17].

As principais funções da camada RRC são [4]:

- Difusão de informações providas pela CN e pela rede de acesso. As informações do sistema são normalmente repetidas em uma base regular. Como por exemplo o RRC pode fazer a difusão de informações de localização das áreas de serviço relacionadas a células específicas.
- Estabelecimento, re-estabelecimento, manutenção e liberação de conexões RRC entre UE e UTRAN. O estabelecimento de conexões é iniciado por uma requisição das camadas superiores no lado do UE para estabelecer a primeira conexão de sinalização para o UE. O estabelecimento de uma conexão RRC inclui uma reSeleção de células opcional, controle de admissão, e estabelecimento de um link de sinalização da camada 2. A liberação de uma conexão RRC pode ser iniciada por uma requisição de camadas superiores para liberar a última conexão de sinalização para o UE ou para a própria camada RRC no caso da falha de uma conexão RRC. No caso de uma perda de conexão, o UE solicita o restabelecimento da conexão RRC.
- Estabelecimento, reconfiguração e liberação dos canais de rádio. A camada RRC pode, na solicitação para as camadas superiores, fazer o estabelecimento, reconfiguração e *release* dos *Radio Bearers* no plano de usuário. Mais de um *Radio Bearer* podem ser estabelecidos para um UE ao mesmo tempo. No estabelecimento e reconfiguração, a camada RRC executa admissão de controle e seleciona parâmetros descrevendo o processamento do *Radio Bearer* nas camadas 1 e 2, baseadas nas informações das camadas superiores.
- Associação, reconfiguração e liberação dos recursos da conexão RRC. A camada RRC trata a associação de recursos de rádio necessários para a conexão RRC incluindo necessidades dos planos de controle e usuário. A camada RRC pode reconfigurar os recursos de rádio durante o estabelecimento de uma conexão RRC.

Esta função inclui coordenação de recursos de radio alocados entre múltiplos *radio bearers* relacionados à mesma conexão RRC. A RRC controla os recursos de rádio no *uplink* e *downlink*. Assim como o UE e UTRAN podem se comunicar utilizando recursos de radio desbalanceados (*uplink* e *downlink* assimétricos).

- Funções de conexão e mobilidade, executando cálculos, tomando decisões e executando funções relacionadas com a mobilidade das conexões RRC durante um estabelecimento de conexão RRC, tais como *handover*, preparação para o *handover* para o GSM ou outros sistemas.
- Notificação e *Paging*, através da difusão de informações de *paging* durante um estabelecimento de uma conexão RRC.
- Roteamento de PDUs de camadas superiores do UE para a entidade RANAP correta na UTRAN.
- Controle da Qualidade de Serviço solicitada. Esta função deve assegurar que a QoS solicitada para o canal de rádio pode ser atingida. Isto inclui a alocação de um número suficiente de recursos de rádio.
- Decisão dos recursos de rádio no DCH no sentido usuário móvel para rede de acesso.
- Alocação de recursos de rádio para CBS (*Cell Broadcast Service*) baseado em requerimentos de volume de tráfego indicados pelo BMC para habilitar a geração de mensagens agendadas.

4.4 Qualidade de Serviço em redes UMTS

A Qualidade de Serviço em redes UMTS é especificada através de uma série de requisitos, de acordo com três perspectivas:

- Ponto de vista de usuário final,
- Ponto de vista geral,
- Ponto de vista técnico.

Assim, a partir desses requisitos é possível entender o modelo proposto pelo 3GPP na especificação técnica [21].

4.4.1 Requisitos de QoS de usuário final

Para efeito de utilização do sistema, os usuários finais não interagem com elementos internos do sistema. Isto significa que a única interface de acesso é o terminal móvel, portanto o nível de Qualidade de Serviço percebido pelos usuários finais é fim a fim, ou seja, de um terminal a outro. Quando um usuário acessa um determinado serviço, não importa como os dados são transportados ou tratados. A rede para o usuário deve ser transparente de forma que o ponto do serviço contratado pareça ser local.

Dadas as necessidades de Qualidade de Serviço do ponto de vista do usuário final, os seguintes requisitos são descritos pelo 3GPP [21]:

- Apenas a qualidade de serviço percebida pelo usuário final importa,
- O número de atributos sob o controle do usuário final deve ser mínimo,
- A definição dos atributos dos requisitos para as aplicações deve ser simples,
- Os atributos de QoS devem ser capazes de suportar todas as aplicações que são utilizadas, um certo número de aplicações tem as características de assimetria natural nas duas direções, *uplink/downlink*,
- As definições de QoS devem ser suficientemente consistentes para suportar a evolução das aplicações,
- QoS deve ser fim a fim.

Os requisitos acima definem tudo que é importante para o usuário. A tecnologia UMTS deve, portanto, prover todos os recursos para que o usuário final tenha todos esses requisitos atendidos.

4.4.2 Requisitos gerais de QoS

A rede UMTS provê qualidade de serviço através da implementação de mecanismos de controle, utilizando atributos de qualificação para garantir que todos os requisitos dos usuários finais sejam atendidos. Segundo o ponto de vista geral, os seguintes requisitos devem ser considerados segundo [21]:

- Todos os atributos QoS, ou suas combinações, não podem apresentar ambigüidades,
- Os mecanismos de QoS devem permitir a utilização eficiente dos recursos de rádio,
- Os atributos de QoS devem permitir a evolução da rede UMTS com independência entre a evolução da rede de acesso e a rede central.

4.4.3 Requisitos Técnicos

Para garantir que os requisitos dos usuários finais e requisitos gerais de QoS sejam atingidos, mecanismos de QoS devem ser implementados levando em conta a arquitetura UMTS. Os requisitos técnicos gerais para QoS em UMTS são definidos por um conjunto de atributos que deverão seguir os seguintes critérios:

- Os mecanismos de QoS devem prover um mapeamento entre os requisitos das aplicações e os serviços oferecidos por UMTS. Isto significa que os serviços oferecidos por UMTS devem apresentar mecanismos de QoS suficientes para cobrir todas as necessidades de aplicações existentes , ou que virão a existir.
- Deve existir compatibilidade entre os mecanismos de QoS providos por UMTS e os mecanismos de QoS existentes nas redes que fazem interface com a rede UMTS, para que exista a garantia de QoS além dos limites da rede UMTS.
- O conjunto de atributos de QoS deve ser finito. Um número reduzido de atributos deve ser suficiente para mapear todas as necessidades de QoS das aplicações, não sendo necessário à criação de novos atributos.
- O *overhead* e a complexidade adicionada por conta dos mecanismos de QoS devem ser razoavelmente baixos, bem como a quantidade de informações de estados transmitidos e armazenados na rede. Esse requisito é importante para garantir a escalabilidade da rede.
- QoS deve prover utilização de recursos de rádio eficientemente.
- QoS deve prover suporte para os canais assimétricos, ou seja canais *uplink* e *downlink* com diferentes taxas. A assimetria entre os sentidos de envio de dados é importante em alguns tipos de aplicações como acesso à Internet, onde a quantidade de dados enviada no *uplink* é em geral muito menor do que a do *downlink*.
- Aplicações devem ser capazes de indicar valores de QoS para a transmissão de dados.
- O comportamento da QoS deve ser dinâmico, isto é, possível a alteração durante sessões ativas.

4.4.4 Arquitetura QoS

4.4.4.1 Visão geral do modelo de QoS

Na arquitetura UMTS, um canal de serviço (*bearer service*) define as características e funcionalidades estabelecidas entre terminais de comunicação para realizar, consistentemente, a QoS da rede para serviços fim a fim [22]. O plano de controle de sinalização de UMTS é utilizado para estabelecer um canal (*bearer*) apropriado que atende os requisitos de QoS fim a fim das aplicações em redes UMTS.

Uma vez que o *bearer* apropriado foi estabelecido, o plano de transporte do usuário e as funções de gerência de QoS provêm o suporte para o canal de serviço estabelecido. O *bearer service* fim a fim no UMTS é realizado através da arquitetura em camadas, apresentada na Figura 24, onde cada *bearer service* é a combinação de um ou mais *bearers* disponíveis nas camadas inferiores.

No modelo apresentado na Figura 24 o TE (*terminal equipment*) está conectado à rede UMTS através do MS (*Mobile Station*). O canal provido pelo UMTS provê Qualidade de Serviço dentro da rede e executa o interfuncionamento entre o UMTS e as redes externas conectadas à rede UMTS que transportam tráfego entre dois terminais em comunicação. O canal de serviço externo é suportado pelos mecanismos de QoS externos como *Differentiated Services*, serviços baseados em RSVP, ou simplesmente serviços baseados em *best-effort*.

Na Figura 24 o canal de serviço do UMTS provê QoS nas redes UMTS, consistindo de um canal de serviço de rádio (*radio access bearer*) e um canal da rede central (*core network bearer*). O *Radio Access Bearer Service* consiste de um *Radio Bearer Service*, *Iu Bearer Service* e o *Backbone Bearer Service*. O *Radio Bearer Service* prove o *bearer* na interface aérea sendo o responsável por toda a comunicação entre o TE e o RNC.

Apesar da existência de mecanismos de garantia de qualidade de serviço cobrindo todo o caminho fim a fim, ainda é necessária a existência de um outro mecanismo para integrar todas as partes e dar consistência para os diferentes *bearer services*. O contexto PDP de GPRS será utilizado com algumas melhorias para realizar esta funcionalidade.

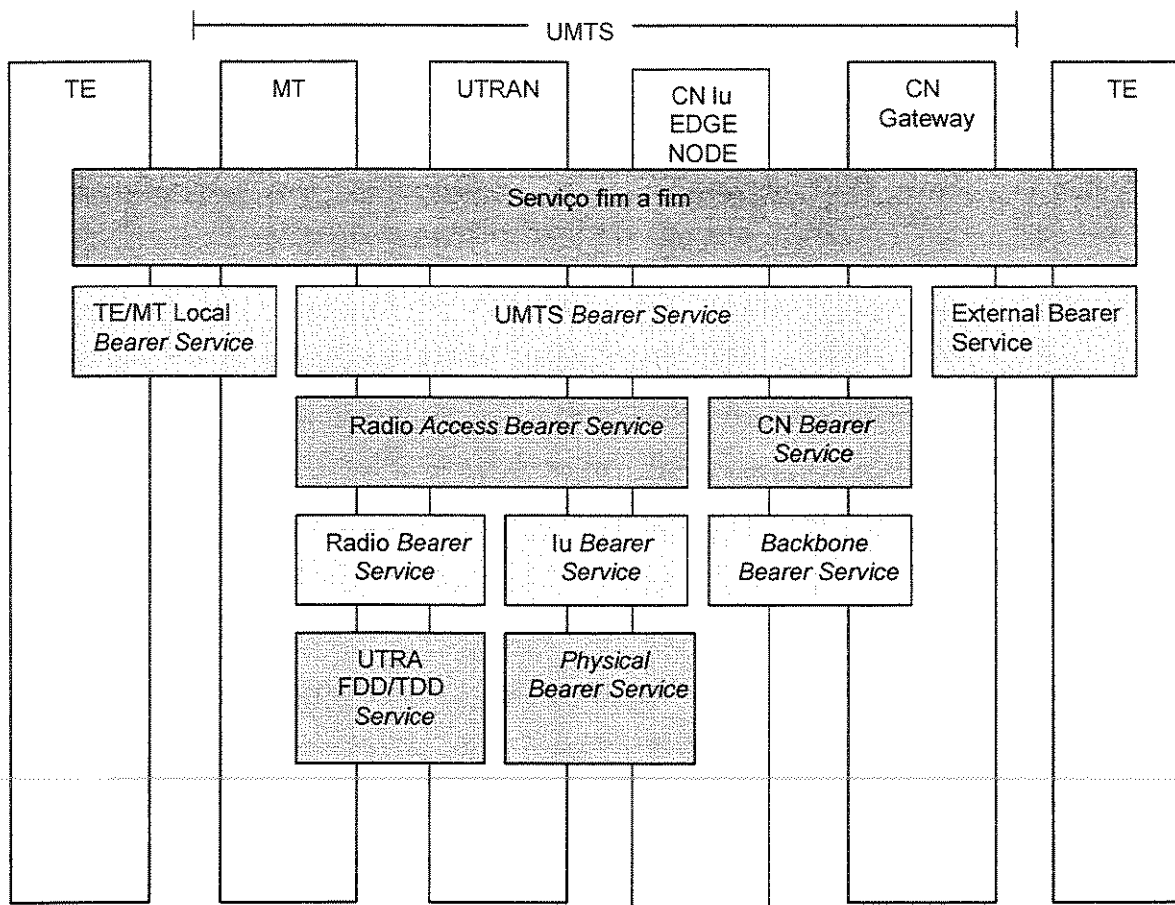


Figura 24: Arquitetura QoS para UMTS

No seu caminho de um TE a outro (serviço fim a fim), o tráfego tem que passar por diferentes *Bearer Services* de outras redes além da rede UMTS. O *UMTS Bearer Service* provê QoS nos limites da rede UMTS, ou seja, do MT ao CN (Figura 24). Para garantir QoS fim a fim é necessário que a qualidade de serviço depois dos limites do UMTS sejam garantidos por redes externas, que é o caso do *External Bearer Service* na Figura 24, que por exemplo pode ser IETF- *integrated services* (IntServ) ou *differentiated services* (DiffServ) [23] ou mesmo entre o TE e o MT que é o *TE/MT local bearer service*.

O *UMTS Bearer Service* consiste do *Radio Access Bearer Service* e do *Core Network Bearer Service* (Figura 24). O *Radio Access Bearer Service* provê os serviços relativos à topologia da rede celular e o *Core Network Bearer Service* conecta a CN, do UMTS, ao CN gateway que provem o acesso às redes externas.

O *Radio Bearer Service* provê transporte de sinalização e dados de usuário entre o MT e a Iu do CN com a QoS adequada para ser negociada pelo *UMTS Bearer Service*.

A função do *Radio Bearer Service* é prover todos os serviços para a interface aérea, utilizando o UTRA FDD/TDD. O *Iu Bearer Service* junto com os *Physical Bearer Services* provêm o transporte entre a UTRAN e a CN.

4.4.5 Funções de gerência de QoS na rede UMTS

A gerência de QoS em UMTS pode ser dividida em dois planos: o plano de controle e o plano de usuário. Quando um *bearer service* é inicialmente estabelecido, o plano de controle tem a função de prover suporte para o estabelecimento do serviço através da negociação via sinalização com os serviços de redes externas. Nesta fase a QoS será negociada, para que um contexto entre os serviços externos e os serviços internos seja estabelecido garantindo compatibilidade entre a QoS oferecida por ambas as partes.

Após o estabelecimento do *bearer service* pelo plano de controle, o plano de usuário é responsável por manter as características de transferência de dados segundo a QoS negociada pelo plano de controle no momento da admissão.

As funções do plano de controle são descritas a seguir, sendo divididas como (Figura 25) :

- **Gerência de Serviço:** administra a conexão, modificação e manutenção dos serviços oferecidos pelo *Bearer Service* do UMTS. Provê também suporte para as funções de gerência de QoS do plano de usuário. A gerência de serviço oferece serviços para outras instâncias, sinalizando com outros gerentes e utilizando os serviços providos por essas instâncias. A gerencia de serviço pode executar uma tradução de atributos para as camadas inferiores, e interrogar outras funções de controle para receber permissão para a provisão de serviços.
- **Funções de Tradução:** faz a tradução entre os parâmetros de controle do *bearer service* do UMTS e os vários protocolos para controle de serviço e interfaceamento de redes externas. A tradução inclui a conversão dos atributos de controle do *bearer service* do UMTS e os atributos de QoS dos serviços de controle das redes externas (por exemplo conversões entre atributos de IETF e atributos de QoS de UMTS). A gerência de serviço deve incluir uma função de tradução para converter entre seus atributos de serviço e os atributos utilizados por camadas inferiores.

- Controle de Admissão: armazena informações sobre todos os recursos disponíveis da rede e de todos os recursos alocados para o *bearer service* do UMTS. Determina para cada solicitação de estabelecimento ou modificação do UMTS *bearer service* se é possível ou não atendê-la. Esta função também verifica a capacidade da rede de prover os recursos solicitados.
- Controle de assinatura: verifica a autenticidade das solicitações dos usuários.

As funções de gerenciamento de QoS no plano de usuário mantêm a sinalização e o tráfego de usuário dentro dos limites definidos pelos atributos de QoS. Os *bearer services* de UMTS com diferentes atributos de QoS devem ser suportados pelas funções de gerência de QoS. Estas funções asseguram a provisão da QoS negociada e são elas:

- Funções de mapeamento: escreve os atributos de QoS nos pacotes que trafegam na rede,
- Funções de classificação: associam pacotes para os serviços estabelecidos de um terminal segundo os atributos de QoS,
- Gerência de Recursos: distribui os recursos disponíveis entre todos os serviços que utilizam o mesmo recurso,
- Condicionador de Tráfego: provê conformidade entre a QoS negociada e o tráfego de dados, ou seja, garante que o tráfego da rede seja próximo ao que se espera considerando a distribuição da gerência de recursos. O condicionamento de tráfego é feito utilizando modeladores de tráfego.

4.4.6 Alocação das funções de gerência de QoS

As funções descritas anteriormente em podem ser visualizadas nos modelos das Figuras 25 e 26, de uma forma distribuída pelos elementos de rede da arquitetura UMTS. Através desses modelos é possível visualizar como estão distribuídas as funções para os planos de controle e usuário.

4.4.6.1 Funções de gerência de QoS para o *bearer service* de UMTS para o plano de controle.

A conexão, modificação e manutenção de um *Bearer Service* de UMTS são suportados pelas funções de gerência do plano de controle (Figura 25). O plano de controle é responsável pela sinalização e negociação dos parâmetros de QoS com as redes externas.

Os atributos de serviço e sinalização das redes externas são traduzidos para parâmetros do sistema UMTS através da função de tradução Transl. Esta função deve ser executada pelos elementos localizados nas extremidades da rede UMTS, elementos da interface com as redes externas. No caso da Figura 25 esses elementos são o MT e o *Gateway*.

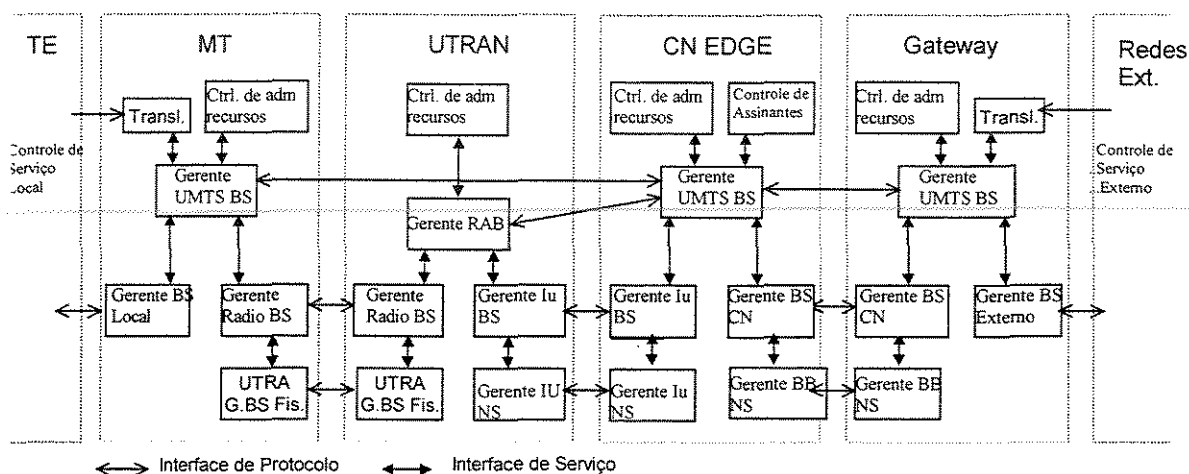


Figura 25: Funções de gerência de QoS para o *bearer service* de UMTS no plano de controle

O Gerente UMTS BS está presente em três elementos: MT, CN EDGE e no *Gateway*. Através do gerente UMTS BS os três elementos sinalizam entre si através da função de tradução com instâncias externas para estabelecer ou modificar um *Bearer Service* de UMTS.

O gerente UMTS BS do MT traduz os atributos do UMTS *bearer service* para um serviço de *bearer service* local e solicita este serviço do Gerente BS local.

O gerente RAB (*Radio Access Bearer*) verifica com o controle de admissão e capacidade se o UTRAN suporta os serviços específicos solicitados e se os recursos necessários estão disponíveis. O gerente RAB traduz os atributos do RAB *service* em

atributos de *radio bearer service* e atributos de *Iu bearer service* e solicita para gerente BS do rádio e o gerente Iu BS a provêr *bearer services* com os atributos solicitados.

O gerente UMTS BS traduz os atributos do *UMTS bearer service* em atributos do *CN bearer service* e solicita que o gerente CN BS forneça o serviço.

4.4.6.2 Funções de gerência de QoS para o bearer service de UMTS para o plano de usuário

As funções de gerência do plano de usuário do *Bearer Service* de UMTS (Figura 26) mantêm as características da transferência de dados segundo os acordos estabelecidos pelo plano de controle do sistema UMTS. As funções de gerência de QoS do plano de usuário são fornecidas por atributos relevantes pelas funções de controle de gerência de QoS.

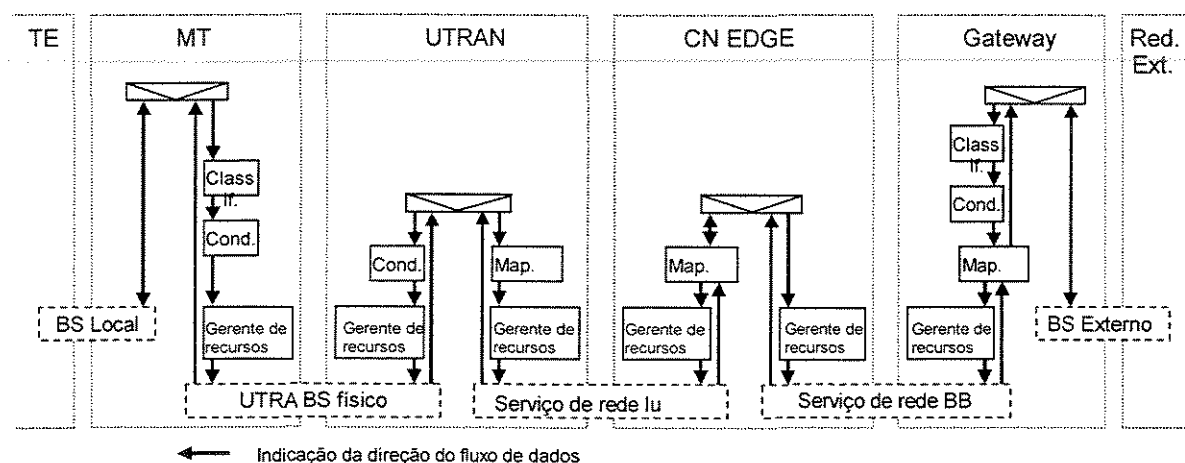


Figura 26: Funções de gerência de QoS para o *bearer service* de UMTS no plano de usuário

A função de classificação (Class.) no Gateway e no MT associa as unidades de dados recebidas do *bearer service* local para o *bearer service* do UMTS segundo os requisitos de QoS da unidade de dados de cada usuário.

O condicionador de tráfego (Cond.) no MT provê conformidade do tráfego de dados de usuário no sentido *uplink* com a QoS negociada. No *Gateway* um condicionador de tráfego pode prover conformidade do tráfego de usuário no sentido *downlink*.

As funções de mapeamento marcam cada unidade de dados com a QoS específica indicada relacionada com a transferência dessa unidade pelo *bearer service* responsável.

Cada um dos gerentes de recurso de uma entidade de rede é responsável por um recurso específico. O gerente de recurso distribui seus recursos entre todos os *bearer services* solicitando a transferência de unidade de dados nestes recursos. Através disso o gerente de recurso tenta prover individualmente a QoS necessária para cada *bearer service*.

4.4.7 Classes de QoS de UMTS

Em UMTS existem quatro classes de QoS suportadas estão divididas em quatro tipos diferentes. Esta classificação é baseada no atraso, taxa de bits, taxa de erro de bit, e tratamento de prioridades de requisitos [23]. As quatro classes são:

Classe *Conversational*: utilizada principalmente para aplicações que utilizam conversação em tempo real como video-conferência. Esta classe pode ser suportada por alocação fixa de recursos na rede, no qual esta classe de serviço parece com a classe de serviço de taxa de bits constante definida em ATM.

Classe *Streaming*: utilizada para aplicações que utilizam *streaming media*, como por exemplo download de vídeo. Para esta classe, uma certa quantidade de atraso é aceitável devido à utilização de buffers.

Classe *Interactive*: esta classe é aplicável para serviços que necessitam de *throughput* garantidos. Alguns exemplos são, *e-commerce* e acesso interativo a WEB.

Serviços de Classe de *Background*: utilizados para serviços *best-effort* como *download* de e-mails, ou arquivos. Este tráfego tem a menor prioridade se comparada com os tráfegos de outras classes.

Capítulo 5 - CONCLUSÕES

A crescente demanda por serviços de dados, principalmente os serviços oferecidos pela Internet, motivou a utilização de redes móveis para o acesso a estes serviços que até então existiam nas redes celulares utilizando comutação por circuitos. O serviço de dados Circuit Switched Data não supre as necessidades dos usuários, pois apresentam alto custo operacional e baixas taxas de transmissão.

A solução para transmissão de dados existentes nas redes móveis celulares de segunda geração foi implementar uma rede de dados de sobreposição, criando assim a chamada geração 2.5G. As tecnologias de segunda geração de celular mais utilizadas mundialmente ganharam então, redes de sobreposição que aproveitaram a infra-estrutura existente para a redução em curto prazo do impacto de implantação dos novos serviços.

A utilização de uma rede de sobreposição é caracterizada por uma adaptação da rede existente para a provisão do serviço de dados. A sobreposição apresenta, assim, limitações de implementação, pois a rede deve ser montada em um padrão já definido e que não necessariamente é o melhor para o desenvolvimento de serviços de dados. A interface aérea utilizada para voz na segunda geração é adaptada, na geração 2.5G, para que um usuário de dados possa transmitir dados a uma taxa maior do que a apresentada na tecnologia CSD, utilizando comutação por pacotes. As taxas de transmissão no GPRS chegam até 144kbps porém ainda não são suficientes para serviços multimídia com boa qualidade de imagem e som.

A terceira geração das redes celulares apresenta soluções para a provisão do serviço através de uma rede integrada de voz e dados. A implementação das redes 3G proporciona taxas de transmissão que chegam até 2.4 Mbps, oferecendo a possibilidade de serviços multimídia com boa Qualidade de Serviço.

A rede UMTS, por exemplo, tem em sua arquitetura elementos que tratam a voz e dados com estratégias diferentes. Apesar de utilizar a mesma interface aérea, a voz percorre um caminho diferente do caminho percorrido pelos pacotes, separando-se assim as redes de comutação por pacotes e as de comutação por circuito.

Nas redes GPRS, uma tentativa de implementação de mecanismos de QoS é a utilização de perfis parametrizados segundo classes pré-definidas de atributos que

especificam os requisitos de QoS. Esses mecanismos devem supostamente ser implementados pela camada MAC da interface aérea do GPRS, mas na prática o que se observa é a falta de suporte à garantia dos requisitos. Na especificação [7] do 3GPP, não existe referência clara à uma arquitetura que deve ser adotada para Qualidade de Serviço. Além disso, a interface aérea de GPRS não permite flexibilidade de implementação de mecanismos que garantam largura de banda, pois existe uma relação direta deste recurso para a rede de pacotes com o grau de utilização dos usuários de voz.

Nas redes UMTS, a provisão de QoS segue um modelo bem definido em toda a arquitetura de rede. As entidades de gerência de QoS, presentes nos elementos de rede são responsáveis por mecanismos que utilizam os serviços oferecidos pelos protocolos das interfaces entre a rede de acesso e o usuário móvel, e rede de acesso e a rede principal. Na interface aérea os protocolos MAC e RLC juntamente com a camada física garantem, que os parâmetros de QoS sejam controlados.

As interfaces de UMTS foram desenvolvidas baseadas em um modelo de camadas e planos. O modelo adotado é uma extensão do modelo OSI (*Open System Interconnection*, desenvolvido pela ISO) agrupando várias pilhas de protocolo em uma mesma interface. Cada pilha de protocolos corresponde a um plano que é atribuído a uma função específica, como por exemplo, plano de controle e plano de usuário. O agrupamento dos protocolos de uma mesma camada formam a camada da rede de rádio e a camada da rede de transporte. O modelo de planos e camadas favorece o desenvolvimento independente de cada protocolo, pois atribui as responsabilidades das funções de rádio e transporte em protocolos separados.

A camada física da interface aérea de UMTS é projetada para a provisão de serviços de dados e voz de uma maneira independente. O tráfego gerado por ambos os serviços são direcionados para os respectivos canais físicos da camada física da interface aérea. Ao passar pela rede de acesso o tráfego é dividido para as interfaces correspondentes de acesso à rede principal CN conforme o tipo de tráfego. Cada interface transporta o tráfego para o domínio que este será tratado, que pode ser circuito, pacote ou difusão.

A camada física é necessária para suportar canais de transporte com taxas de bit variáveis para oferecer serviços de largura de banda por demanda, e para possibilitar a multiplexação de vários serviços para uma conexão. A utilização por demanda é mais eficiente que a alocação fixa de banda por utilizar o sistema apenas quando necessário.

O protocolo MAC (*Medium Access Control*) gerencia os serviços oferecidos pela camada inferior para prover outros serviços para as camadas superiores, como a gerência de informações sobre a banda utilizada por cada UE. Através desse serviço a camada MAC torna possível a garantia da reserva de recursos, pois com essa informação os protocolos das camadas superiores podem informar ao sistema sobre todos os recursos alocados na interface aérea. O escalonamento dos fluxos de pacotes que trafegam na interface aérea também é função da camada MAC. Com esse serviço a camada MAC consegue priorizar os fluxos atuar no controle do atraso de cada fluxo.

A camada RLC (*Radio Link Control*), logo acima, utiliza os serviços da camada MAC e atua na verificação de erros, garantindo a integridade dos pacotes.

Acima da camada RLC está a camada RRC (*Radio Resource Control*) controlando os serviços providos pela camada física através dos protocolos MAC e RLC. A conexão e os recursos de rádios são controlados por essa camada.

A gerência de QoS em UMTS é dividida em dois planos: o plano de controle e o plano de usuário. Quando uma conexão é inicialmente estabelecida, o plano de controle tem a função de prover suporte para o estabelecimento do serviço através da negociação via sinalização com os serviços de redes externas. Nesta fase, a QoS é negociada, para que um contexto entre os serviços externos e os serviços internos seja estabelecido garantindo compatibilidade entre a QoS oferecida por ambas as partes.

Após o estabelecimento da conexão pelo plano de controle, o plano de usuário é responsável por manter as características de transferência de dados segundo a QoS negociada pelo plano de controle no momento da admissão.

Com a garantia de Qualidade de Serviço na interface aérea a gerência de QoS no restante da rede pode ser realizada em todos os elementos de rede garantindo que na rede UMTS seja provida Qualidade de Serviço fim a fim.

A rede UMTS é portanto um grande avanço em termos de Qualidade de Serviço, considerando que até então nenhuma outra tecnologia de redes móveis possui uma definição tão contundente dos mecanismos a serem utilizados para a garantia de QoS. A rede GPRS deu um grande passo com a criação dos perfis de QoS e as classes de serviço, mas devido as suas limitações de projeto, por ser uma rede de sobreposição, não conseguiu atingir um nível satisfatório na definição da arquitetura de QoS.

Glossário

2G: Segunda Geração (Telefonia Celular)

2.5G: Segunda Geração e meia (Telefonia Celular)

3G: Terceira Geração (Telefonia Celular)

3GPP: 3rd Generation Partnership Project

3GPP2: 3rd Generation Partnership Project

AAL5: ATM Adaptation Layer 5

AICH: Acquisition Indication Channel

ALCAP: Access Link Control Application Part

AM: Acknowledged mode

ARQ: Automatic Repeat Request

ATM: Assynchronous Transfer Mode

AUC: Authentication Center

BB-SS7: Broad Band Signal System #7

BC: Broadcast

BCFE: Broadcast Control Channel Function Entity

BMC: Broadcast Message Control

BSC: Base Station Controller

BSS: Base Station System

BTS: Base Transceiver Station

CCTrCh: Composite Transport Channel

CD/CA-ICH: Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel

CN: Core Network

C-NBAP: Common NBAP

CPCH: Uplink Common Packet Channel

CPICH: Common Pilot Channel

CS: Circuit Switched

CSD: Circuit Switched Data

CSICH: CPICH Status Indication Channel

DCFE: Dedicated Control Function Entity

DCH: Dedicated Channel

D-NBAP: Dedicated NBAP

DPCDCH: Dedicated Physical Control Channel

DPDCH: Dedicated Physical Data Channel

DRNC: Drift RNC

DSCH: Downlink Shared Channel

EDGE: Enhanced Data for GSM Evolution

EIR: Equipment Identity Centre

EP: Elementary Procedure

ETSI: European Telecommunications Standards Institute

FACH: Forward Access Channel

FDD: Frequency Division Duplex

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile Communications

GTP: GPRS Tunneling Protocol

GTP-U: Parte do plano de usuário do protocolo GTP

HLR: Home Location Register

HSCSD: High Speed Circuit Switched Data

IETF: Internet Engineering Task Force

IP: Internet Protocol

IP-M: IP Multicast

IS-95: Padrão de telefonia digital móvel baseada na tecnologia CDMA

ISDN: Integrated Services Digital Network

ISO: International Organization for Standardization

ITU-R: ITU Radiocommunications standardization sector

ITU-T: ITU Telecommunication Standardization Sector

Iu: Interface entre a UTRAN e CN

Iub: Interface entre um RNC e um Nó B

Iu-BC: Interface entre a UTRAN e CN referente a parte de Broadcast

Iu-CS: Interface entre a UTRAN e CN referente a parte de Circuit Switched

Iu-PS: Interface entre a UTRAN e CN referente a parte de Packet Switched

L1: Layer 1 (camada física)
L2: Layer 2 (camada de enlace de dados)
L3: Layer 3 (camada de rede)
LA: Location Area
LLC: Logical Link Control
M3UA: SS7 MTP3 User Adaptation Layer
MAC: Media Access Control
MM: Mobility Management
MS: Mobile Station
MT: Mobile Terminal
MTP3-b: Message Transfer Part
NBAP: Node B Application Part
NSS: Network Sub-System
O&M: Operation and Maintenance
OSS: Operation Support Subsystem
PCH: Paging Channel
PDA: Personal Digital Assistant
PDCCP: Packet Data Convergence Protocol
PDF: Packet Data Flow
PDN: Public Data Network
PDP: Packet Data Protocol
PHY: Physical Layer
PLMN: Public Land Mobile Network
PNFE: Paging and Notification control Function Entity
PS: Packet Switched
PSDN: Packet Switched Data Network
PSTN: Public Switched Telephone Network
PTM: Point-to-Multipoint
PTM-G: PTM Group Call
PTM-M: PTM Multicast
PTP: Point To Point

PU: Payload Unit

QoS: Qualidade of Service

RA: Routeing Area

RAB: Radio Access Bearer

RACH: Random Access Channel

RANAP: Radio Access Network Application Part

RB: Radio Bearer

RLC: Radio Link Control

RLC: Radio Link Control

RNC: Radio Network Controller

RNS: Radio Network Subsystem

RNSAP: RNS Application Part

RRC: Radio Resource Control

SAAL-NNI: Signalling ATM Adaptation Layer for Network to Network Interfaces

SAP: Service Access Point

SCH: Synchronizations Channel

SCTP: Simple Control Transmission Protocol

SDU: Service Data Unit

SGSN: Serving GPRS Support Node

SIM: Subscriber Identity Module

SM: Session Management

SNDCP: SubNetwork Dependent Convergence Protocol

SRNC: Serving RNC

SSCF: Service Specific Co-ordination Function

SSCOP: Service Specific Connection Oriented Protocol

TCP: Transfer Control Protocol

TDD: Time Division Duplex

TE: Terminal Equipment

TFCI: Transport Format Combination Indicator

TFI: Transport Format Indicator

TLLI: Temporary Link Level Identity

TM: Transparente Mode
UDP: User Datagram Protocol
UE: User Equipment
UM: Unacknowledged Mode
UMTS: Universal Mobile Telecommunications System
UTRA: Universal Terrestrial Radio Access
UTRAN: UMTS Terrestrial Radio Access Network
Uu: Interface entre a MS e UTRAN
VLR: Virtual Location Register
WCDMA: Wideband CDMA

Referências

- [1] Yacoub, M “ Wireless Technology – Protocols, Standards, and Techniques” , CRC PRESS, pp 3-19, 2002.
- [2] ETSI, “GSM 02.60 Digital cellular telecommunications system (Phase 2+): General Packet Radio Service, Service Description Stage 1.” Technical Specification v5.1.0.
- [3] ETSI, “GSM 03.60 Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); General Packet Radio Service, Service Description Stage 2.” Technical Specification v7.4.1.
- [4] Stuckmann, P “Quality of Service Management in GPRS-Based Radio Access Networks”, Kluwer Academic Publisher 2002.
- [5] Ghribi, B and Logrippo L. “Understanding GRPS: The GSM Packet Radio Service”, Ericsson Open Report, pp 763-779, 2000.
- [6] Immonen, M “QoS in GPRS and UMTS”, Tampere University of Technology Report, 11.04.00
- [7] 3GPP Technical Specification 23.060-600: "General Packet Radio Service (GPRS) Service description Stage 2", 3GPP, pp 17-34, March 2003.
- [8] Karagiannis, G. “QoS in GPRS”, Ericsson open report December 2000
- [9] Holma, H. and Toskala, A. “WCDMA for UMTS”, JOHN WILEY and SONS, LTD, pp 51-70, 73-78, 121-136, 2000.
- [10] 3GPP Technical Specification 25.401-540: “UTRAN Overall Description”, pp 10-43, 3GPP September 2002.
- [11] 3GPP Technical Specification 25.410-530: “UTRAN Iu Interface: general aspects and principles”, pp 8-26, 3GPP December 2002.
- [12] 3GPP Technical Specification 25.413-530: “UTRAN Iu interface RANAP signalling”, pp 12-27, 3GPP December 2002.
- [13] 3GPP Technical Specification 25.423-520: “UTRAN Iur Interface RNSAP Signalling“, pp 15-33, 3GPP June 2002.
- [14] 3GPP Technical Specification.25.433-540: "UTRAN Iub interface NBAP signalling", pp 20-27, 3GPP March 2003.
- [15] 3GPP Technical Specification 25.211-520: “Physical channels and mapping of transport channels onto physical channels (FDD)”, pp 8-15, 3GPP September 2002.

- [16] 3GPP Technical Specification 25.301-520: "Radio Interface Protocol Architecture", pp 6-20, 3GPP September 2002.
- [17] 3GPP Technical Specification 25.322-520: "RLC Protocol Specification", pp 8-25, 3GPP September 2002.
- [18] 3GPP Technical Specification 25.324-510: "BMC Protocol Specification", pp 6-10, 3GPP June 2002.
- [19] 3GPP Technical Specification 25.303-510: "Interlayer procedures in Connected Mode", pp 6-30, 3GPP September 2002.
- [20] 3GPP Technical Specification 25.331-520: "RRC Protocol Specification", pp 26-38, 3GPP September 2002.
- [21] 3GPP Technical Specification 23.107-570 'Quality of Service (QoS) concept and architecture', pp 8-16, 3GPP June 2002.
- [22] Koodli, R and Puuskari, M "Supporting Packet-Data QoS in Next-Generation Cellular Networks", IEEE Communications Magazine • February 2001.
- [23] Moustafa, M et al 'QoS-Enabled Broadband Mobile Access to Wireline Networks', pp 50-56, IEEE Communications Magazine • April 2002
- [24] 3GPP Technical Specification 25.321-530: "MAC Protocol Specification", pp 6-17, 3GPP December 2002.
- [25] 3GPP Technical Specification 25.323-520: "PDCP Protocol Specification", pp 8-21, 3GPP September 2002.
- [26] 3GPP Technical Specification 25.420-500: "UTRAN Iur Interface General Aspects and Principles", pp 10-21, 3GPP March 2003.
- [27] 3GPP Technical Specification 25.430-520: "UTRAN Iub interface: general aspects and principles", pp 7-15, 3GPP September 2002.
- [28] ITU-R Technical Specification M.1079 'Performance and Quality of Service Requirements for international mobile telecommunications-2000 (IMT-2000), 2000.
- [29] ITU-T Technical Specification Y.QOSAR 'Quality of Service (QoS) Reference Architecture for Packet Networks'
- [30] Huang, V. and Zhuang W. 'QoS-Oriented Access Control for 4G Mobile Multimedia CDMA Communications', pp 119-125, IEEE Communications Magazine • March 2002.

- [31] Nortel Networks 'Benefits of Quality of Service in 3G wireless Internet', Nortel Networks White Paper 2001.
- [32] Santitoro, R 'Introduction to Quality of Service', Nortel Networks White Paper 2002.
- [33] Li, F 'Quality of Service and Resource Management in UMTS', Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
- [34] Garcia, A et al 'Quality of Service in the UMTS Terrestrial Radio Access Network', ETSI Telecomunicación, Ciudad Universitaria 28040 Madrid Spain.